

基于 STM32 的乐联网的电能监测系统的设计

杨焕峥^{1,2}, 欧阳乔^{1,2}, 杨国华^{1,2}, 徐华军^{1,2}, 崔业梅²

(1. 江苏省无线传感系统应用工程技术开发中心, 江苏 无锡 214153;

2. 无锡商业职业技术学院 物联网学院, 江苏 无锡 214153)

摘要: 电能监测系统采用意法 (ST) 半导体公司 STM32F103ZDT6 的 ARM 芯片为核心, 以 ATT7022C 电表芯片对电能参数进行取样, 实现电网电压和电流、功率的因数、有功、无功和视在功率等诸多参数的检测, 通过 W5200A 硬件 TCP/IP 通信芯片进行数据传输, 借助乐为物联网公司物联网平台, 通过网页、博客等方式进行数据发布和管理, 参数测量与传输误差在许可范围内, 能够投入实际使用; 该系统为能耗监测与管理提供了底层硬件平台, 提供了数据可靠传输方式, 提供了方便、直观的上层管理平台, 综合了电能计量与测控、嵌入式系统、物联网、WebServer 等多项技术, 具有一定的创新性。

关键词: STM32F103ZDT6; ATT7022C; W5200A; 电能监测; 物联网

Design of Electric Power Monitoring System Based on STM32 and Lewei50

Yang Huanzheng^{1,2}, Ouyang Qiao^{1,2}, Yang Guohua^{1,2}, Xu Huajun^{1,2}, Cui Yemei²

(1. Jiangsu Research and Development Center of Application Technology for Wireless Sensing System, Wuxi 214153, China;

2. Internet of things institute, Wuxi Institute of Commerce, Wuxi 214153, China)

Abstract: The electric power monitoring system based on ARM STM32F103ZDT6 chip as the core, parameters are sampled by ATT7022C meter chip on electric power technology, implementation of detecting grid voltage and current, power factor, active power, reactive power and apparent power, data transmission through the W5200A hardware TCP/IP communication chip, use Lewei50 company, data distribute and manage through the webpage, blog, etc, Parameter measurement and transmission error in the permission range, can be put into practical use. The system provides a hardware platform for power monitoring and management, provides the reliable data transmission mode, provides the upper management system, this is convenient and intuitive. The system combines the energy measurement and monitoring, Embedded Systems, Internet of Things, WebServer technology, with some innovation.

Keywords: STM32F103ZDT6; ATT7022C; W5200A; power monitoring; internet of things

0 引言

目前, 中国市场的电能表普遍由感应式转向电子式, 并向多功能、智能化、远程集抄方向发展; 企、事业单位综合能源效率管理系统日益普及, 电能监管是重要内容, 为运行状态分析采集更多综合性的能源质量参数, 为能效管理决策提供更有效依据; 新建系统与原能源系统实现系统对接、与其它能源监测实现对接和一体化, 需要有效的通讯手段; 目前国内公司实现相关功能主要靠多设备拼接实现, 功能单一受限, 国外公司如 Fluke 有相关产品但产品线种类少, 且价格昂贵。本电能监测系统基本能解决这些问题, 具有一定的创新性。

1 硬件电路设计

本电能监测系统采用意法 (ST) 半导体公司 STM32F103ZDT6 的 ARM 芯片为核心, 以 ATT7022C 电表芯片对电能参数进行取样, 实现电网电压和电流、功率的因数、有功、无功和视在功率等诸多参数的检测^[1], 通过 W5200A

硬件 TCP/IP 通信芯片进行数据传输, 借助乐为物联网公司物联网平台, 通过网页、博客等方式进行数据发布和管理, 得到很好的实际应用, 如图 1 所示。

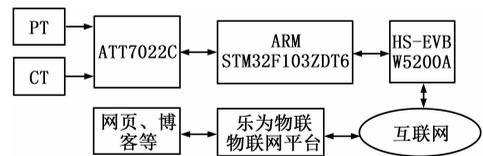


图 1 电能监测系统框图

1.1 主控芯片选择

主控制器选用 ST 公司的基于 ARM Cortex™—M3 内核的 STM32F103ZDT6 芯片, 工作电压为 2.0~3.6 V, 频率 72 MHz, 内置 384 K 字节 FLASH 存储器与 64 K 字节的 SRAM 的高速存储器, FSMC, 2 个 I²C 口、3 个 SPI 口、5 个 USART 口、1 个 CAN 口、1 个 USB 口和 1 个 SDIO 口等 13 个通信接口, 112 个 GPIOs, 还具有 2 个 12 位的 DAC、3 个 12 位的 ADC、4 个通用 16 位定时器以及单周期乘法和硬件除法资源, 集成在 144 脚的 LQFP 封装里, 因而非常适用于各种复杂的计算和控制。

1.2 模拟信号输入电路

电能监测系统电压采样输入使用电压互感器 (PT), 以 1:1 的电流互感器连接方式把芯片和电网进行了分离, 以此

收稿日期: 2013-12-09; 修回日期: 2014-02-27。

基金项目: 江苏省无线传感系统应用工程技术开发中心建设项目无锡商业职业技术学院课题 (SYKJ13D14)。

作者简介: 杨焕峥 (1980-), 男, 江苏无锡人, 工程硕士, 讲师, 主要从事电子仪器仪表、通讯与嵌入式应用方向的研究。

能够得到较好的抗干扰能力，电压通道有效值 10 mV~1 V。如图 2 所示，图中 VAIN、VBIN、VCIN 分别接电网的 A、B、C 三相火线，VN 接零线^[2]。同样，电流采样输入使用电流互感器 (CT)，电流测量通道的值最低在 2 mV，最高在 1 V。

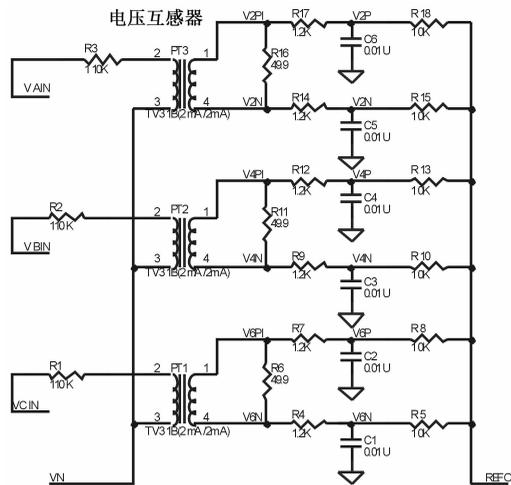


图 2 电压采样输入电路

1.3 ATT7022C 工作电路

ATT7022C 工作电压是 5 V，STM32F103 ZDT6 工作电压是 3.3 V，中间应接 ADuM5401 芯片构成的电平转换电路，同时增强系统抗干扰能力。如果为了追求成本，也可以 ATT7022C 由 5 V 供电，STM32F103ZDT6 由 3.3 V 供电，两者电路地线相连，中间不加电平转换电路也能满足高低电平判决要求，能进行 SPI 通信，实测基本没发现明显问题，但不是很推荐。另外，电能采集模块也可以选用 ATT7022E，该模块工作电压是 3.3 V，不存在和 STM32 电平不匹配的问题，而且精度要比 ATT7022C 更高。

1.4 ATT7022C、STM32F103ZDT6 和 W5200A 的 SPI 通信

W5200A 是由已经通过市场考验的全硬件 TCP/IP 协议栈、以太网网络层和物理层的整合而成。如图 3 所示，ATT7022C 与 STM32 有 6 条连接线，当中 4 条为 SPI 口线，DIN、DOUT、CS 和 SCLK，1 条 ATT7022C 复位控制线 RESERT，1 条握手信号线 SIG，SIG 可以不用，ATT7022C 与 STM32 实现 I/O 口模拟 SPI 通信。W5200A 与 STM32 有 6 条连线，其中 4 条是 SPI 口线，SCS、SCLK、MISO 和 MOSI，1 条 W5200 复位控制线，1 条 W5200 初始化线 INT，STM32 与 W5200A 实现硬件模块 SPI 通信。

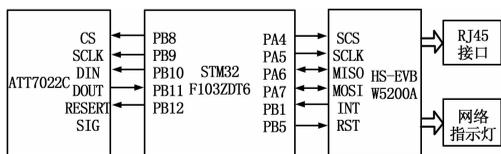


图 3 ATT7022C、STM32F103ZDT6 和 W5200A 相互 SPI 通信连接

2 乐为物联公司物联网平台

乐为物联公司可以简称其为乐联网，它给出了物联网应用平台的快速实现方案。通过该平台可以快速的将测量装置连接

到乐联网网络应用平台，并进行存储，对测量数据进行查询和分析，公开数据，与其它人进行技术沟通，以达到物联网应用的目的。本系统数据传输给乐联网采用的就是 JSON 数据格式的多个“名称/值对”的记录。具体实施过程如下：首先打开乐为物网站 <http://www.lewei50.com/>，注册用户名、密码后登陆，在个人信息里能看到系统给你分配的 32 位的用户密钥 (Userkey)，例如：“ca2bee371e9d4ddf97ae87ba71c0ee21”。其次，在“我的网关”里添加一个新的网关，网关标识可以设为“01”，如图 4 所示。



图 4 乐为物联“我的网关”

再次，在“我的设备”里添加一个新的设备，取名网络电表状态，设备标识“1”，属于网关“01”。最后，需要和乐为物联的服务器建立 TCP/IP 连接，例如：IP 地址 42. 121. 1. 1，Socket 端口号 9911，建立连接，然后按照指定数据格式向乐为物联服务器发送 JSON 数据帧^[3]，例如 {“method”: “update”, “gatewayNo”: “01”, “userkey”: “ca2bee371e9d4ddf97ae87ba71c0ee21”} &-! {“method”: “upload”, “data”: [{“Name”: “1”, “Value”: “236. 3243”}]} &-!，该数据帧中就包含了网关标识、用户密钥、设备标识、数据值等信息，这样乐为物联服务器就能收到发送的数据并且存储下来，提供网页、博客等门户共用户浏览等操作。

3 软件设计

软件系统采用 Keil uVision4 for ARM 的环境进行开发，除该集成开发环境本身提供了丰富的数据处理函数库外，相关网站也为 STM32F103ZDT6 的开发提供了很多的 C 语言函数，在编程时可以直接调用^[4]。为此在软件设计中采用 C 语言进行编程，主要包括 STM32F103ZDT6 系统初始化程序、ATT7022C 写校表寄存器子程序、数据采集子程序、W5200 配置子程序、给乐为物联服务器发数据帧子程序^[5]，流程图如图 5 所示。

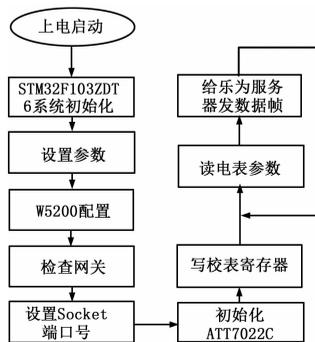


图 5 主程序的流程图

部分主程序如下所示：

```
int main(void)
{
    /* 初始化 STM32F103 */
    System_Initialization();
}
```

```

/* 设置网络的各种参数 */
Set_Parameters();
/* 配置 W5200 */
W5200_Config();
/* 检查网关 */
if(Detect_Gateway() == TRUE)
/* 开启 LED 指示灯 */
GPIO_ResetBits(GPIOC, D_OUTPUT1); /* 设置端口号 */
Socket_Config(0);
/* 初始化 ATT7022 硬件 */
init_devices();
/* 清除校表寄存器 */
ClearAdjustRegister();
/* 写 ADC 增益寄存器 */
WriteAdjustRegister(0x3f, ParaDlg, AdcGainRegister);
/* 写入校表参数,校表时屏蔽一下 7 个函数 */
ConfigAdjustRegister();
do
{
/* 读取 C 相电压有效值 */
sprintf((char *)devname, "1");
value = ReadSampleRegister(0x0F)/8192.0;
/* 给乐为物联服务器发数据帧 */
Lewei_Login();
Lewei_Upload();
}while(1);
}

```

通过该主程序可以看出,在编程时贯彻了整个流程图的思路,体现了功能的实现。

4 测试情况

在实际使用本系统前,对 ATT7022C 电路板进行了测试,三相电压、电流实际测量值如表 1、表 2 所示。

表 1 A、B、C 三相电压测试误差

标准值/V	A 相电压/V	B 相电压/V	C 相电压/V
200	197.3	197.9	198.6
210	210.9	210.8	210.7
220	219.8	220.3	220.5
230	230.4	230.7	230.9
240	241.5	241.6	241.8

表 2 A、B、C 三相电流测试误差

标准值/A	A 相电流/A	B 相电流/A	C 相电流/A
1	1.000 16	1.000 15	1.000 19
2	2.000 3	2.000 4	2.000 1
3	3.000 6	3.000 7	3.000 4
4	4.000 1	4.000 2	4.000 1
5	4.999 9	4.999 6	4.999 3
6	5.999 2	5.999 4	5.999 1

由测试结果可以看出,本系统的 ATT7022C 电路板能够满足对三相电能的测量精度要求,电压测量误差基本小于 2%,电流测量误差基本小于 0.03%,除此之外,有功、无功、视在功率、功率因数等参数也准确,能够投入实际使用^[6]。

另外用 TCP/IP 硬件通信模块 W5200A 进行数据传输时,

用 WIZnet 的 AX1 测试软件对 W5200A 模块进行测试,发送 100 个数据,收到 100 个数据,正常情况下 W5200A 模块进行 TCP/IP 通信出错率基本为 0。在 W5200A 将电能参数数据按 JSON 数据格式发给乐为服务器的时候,采用了 TCP&UDP 测试工具对参数数据进行了测试,没有出现数据帧出错或丢数据帧等情况。

从电能参数采集到最终数据存储和显示,整个过程情况良好,本系统最终乐为物联平台网页门户部分效果图如图 6 所示,能达到实际应用、推广价值。

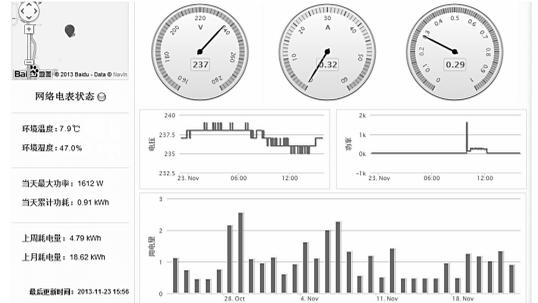


图 6 网络电表乐为物联平台网页门户

5 结束语

本电能监测系统以意法半导体公司 STM32F103ZDT6 的 ARM 芯片为核心,以 ATT7022C 电表芯片对电能参数进行采样,通过 W5200A 硬件 TCP/IP 通信芯片进行数据传输,借助乐为物联公司物联网平台,通过网页进行数据发布,通过这些手段和技术的融合,研制出一个可以展示、可以推广、可以扩展的智能电力测控示范系统。从目前调研的情况来看,目前基于多种技术融合的示范系统并不多见,而和本系统相同的几乎没有,因此这样一套示范系统具有一定的创新性,通过进一步的改良,可能衍生出很多的典型应用案例或系列产品。本系统具体创新如下: 1) 仪表 IP 化,实现自由组网及 Web 访问; 2) 将数据采集、有线通信集成化,将目前多设备组合实现的功能单表化,并可根据客户需求实现灵活裁剪; 3) 采用基于 Cortex-M3 内核的高性能网络型 ARM 芯片,在同功能情况下,实现设备成本的大幅降低。本系统实现功能灵活拓展,降低产品研发周期,进一步可以实现通过网页、博客等远程对电表调校; 尝试采用新型实时操作系统 RT-Thread+LwIP 架构,有效管理网络应用及本地任务; W5200A 芯片长时间工作有发烫现象,该情况属芯片自身内核供电电压较高,后期可以采用新推出的 W5500 芯片解决该问题。

参考文献:

- [1] 黄鹤松, 刘 奎, 齐俊清, 等. 基于 ATT7022B 的多功能电能表系统的设计 [J]. 电测与仪表, 2011, 48 (8): 63-67.
- [2] 束 慧, 陈卫兵. 基于 ARM 和 ATT7022C 的电能质量监测终端的设计 [J]. 制造业自动化, 2012, 34 (8): 34-36.
- [3] 乐联网. 数据上传 tcp 方式最直接 [EB/OL]. <http://www.lewei50.com/dev/doc/152.html>, 2013-07-10/2013-12-9.
- [4] 段国华, 黄 杰. DSP 和 ARM 支持下的电能质量监测系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (7): 1503-1506.
- [5] 夏 文, 冯国伟, 夏 武. 基于 W5200 的电能质量远程监控系统设计 [J]. 电气技术, 2012, (8): 88-91.
- [6] 姚力, 李少腾, 胡瑛俊, 等. 一种智能电能表通信可靠性测试方法及系统 [J]. 电测与仪表, 2013, 50 (3): 94-96.