

基于 STM32 光伏发电电能质量监测系统的设计

陈林^{1,2}, 张春^{1,2}, 何慧云^{1,2}, 徐星星^{1,2}, 顾龙^{1,2}

(1. 安徽工程大学电气工程学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 安徽省检测技术与自动化装置重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

摘要:设计了一种基于 STM32 的低功耗、高性能的光伏发电电能质量监测系统,利用 STM32 丰富的外设资源与现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array, FPGA)灵活的操控性实现了对电力数据的多通道实时采集。其中, FPGA 实现数据的采集与存储控制, STM32 实现数据的处理和通用分组无线服务技术(General Packet Radio Service, GPRS)通信控制。该系统能克服传统电能质量监测系统接口单一、数据存储空间有限、实时性差等问题。实验表明该系统能可靠地实现光伏电站运行情况的实时监测。

关键词:光伏电站; STM32; 数据采集; GPRS

中图分类号: TM93

文献标志码: A

引言

随着化石能源的不断消耗, 能源危机和环境污染等问题日益加剧, “绿色”、“低碳”成为电力系统发展的迫切需求^[1]。光伏发电作为一种新的发电模式逐渐得到关注与重视。截至 2014 年, 全国光伏发电累计并网装机容量 2805 万千瓦, 同比增长 60%, 其中, 光伏电站 2338 万千瓦, 光伏年发电量约 250 亿千瓦时, 同比增长 200%^[2]。

我国光伏电站主要分布在西部地区。由于西部地区特殊的地理环境, 工程技术人员难以长期驻守电站, 因此需要利用电能质量实时监测系统监测电站运行情况。文献[3-5]提出了一种基于数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)的电能质量监测系统, 但由于 DSP 本身受串行指令的限制, 仅能完成简单的数据运算, 程序编写过程又比较繁琐, 成本相对较高。为此, 本文提出一种基于 STM32 的实时电能质量监测系统, STM32 有丰富的外设资源, 成本相对较低, 能适应现场

的工作环境, 同时, 利用 FPGA 实现数据的采集与存储控制。因此, 所设计系统能克服传统电能质量监测系统存在的精度不高、实时性差、通信接口单一等缺点。

1 系统组成

本系统主要由数据采集模块、数据处理模块、数据传输模块和上位机数据监测显示模块等四部分组成, 如图 1 所示。首先, 调理电路把采集到的模拟信号调理成芯片 AD7606 可识别的输入电压值, 由 AD7606 把模拟信号转换成数字信号。FPGA 控制 AD7606 进行信号采集与数据存储。控制模块 ARM 控制器 STM32F103ZE 对采集的数据进行处理, 通过 RS232 与 GPRS 模块连接, 控制 GPRS 模块与上位机通信。上位机利用 LabVIEW 进行开发。

2 系统功能实现

2.1 控制模块

本系统选用的控制模块是意法半导体公司一款基

收稿日期: 2015-11-10

基金项目: 安徽省高校自然科学研究重大项目(KJ2015ZD06)

作者简介: 陈林(1989-), 男, 江苏仪征人, 硕士生, 主要从事电力系统及其自动化方面的研究, (E-mail)511396033@qq.com;

张春(1972-), 男, 安徽安庆人, 教授, 硕士生导师, 主要从事电力系统及其自动化方面的研究, (E-mail)511396033@qq.com

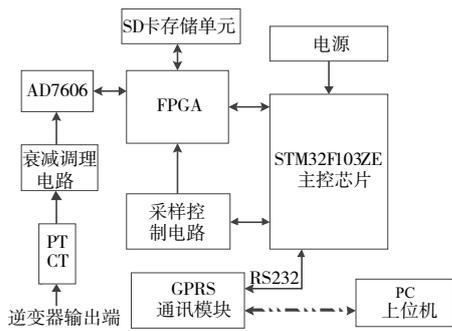


图 1 系统框图

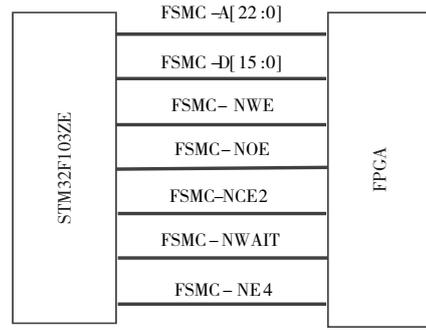


图 2 控制接口图

于 Cortex - M3 内核的 32 位增强型闪存控制器 STM32F103ZE。Cortex - M3 内核是专门设计用于满足集高性能、低功耗、实时应用、具有竞争性价格特点于一体要求的嵌入式系统^[6]。STM32F103ZE 的时钟频率为 72 MHz, 中断方式为中断嵌套方式, Flash 闪存最高为 128 KB, 有两个 12 位的 ADC (转换时间为 1 μs)^[7]。STM32 芯片上丰富的资源大大简化了系统设计对硬件的要求, 同时也降低了系统功能损耗。

控制器主要完成以下任务:

- (1) 对系统进行初始化, 开启采样电路以及 GPRS 通信模块。
- (2) 控制通用转入/转出转换速率, 接收数模采样电路的采样数据, 启动 A/D 中断。
- (3) 调用中断响应函数, 实现数据的同步采集与处理。
- (4) 通过 GPRS 模块把处理过的数据发送到 PC 端, 由上位机调用相应的检测算法, 对电能质量进行分析。

控制接口如图 2 所示。

2.2 数据采集模块

根据应用需要, 模拟信号采集采用 Analog Devices 公司的 16 位 AD 转换芯片 AD7606, 该芯片有 8 个同步采样通道, 可处理真双极性、单端输入电压^[8]。AD7606

读取数据之前首先需要 STM32 发送一个 convst 信号给 AD7606, AD7606 转换完毕后, 发送一个 busy 信号给 STM32, 此时启动 SPI 去读取采样之后的值, 在配置 SPI 之前需要注意的是, 最高有效位 DB15 是在 CS 的下降沿输出的, 而 DB14 到 DB0 是在 SCLK 的上升沿输出的。AD7606 的模拟输入端 VX (X 表示数字 1 至 8, 分别代表八个编号) 处的电阻和电容组成 ADC 前端的抗混叠滤波器, 其衰减频率 $f = 1/(2 * \pi * R * C)$ 。VxGND (x 表示数字 1 至 8, 分别代表八个编号) 端的电阻需与 VX 端处的电阻相一致, 主要用来消除偏置误差。通常电阻的大小约为 10 kΩ。图 3 为 AD7606 外围接口电路图。

2.3 GPRS 模块设计

GPRS/GSM 通信模块主要是为了实现集中器与供电监控部门之间的通信, 并可与先进的 GIS 地理信息系统共同进行定位^[9]。本系统通信模块选用的是 SIMCom 公司的 SIM900A 芯片。SIM900A 是一个专为中国大陆和印度市场设计的 2 频 GSM/GPRS 模块, 工作的频段为: EGSM 900 MHz 和 DCS 1800 MHz, 以及 GPRS 编码格式 CS - 1、CS - 2、CS - 3 和 CS - 4。选择 SIM900A 是因为其内嵌了 TCP/IP 协议, 其扩展的 TCP/IP AT 命令能够很方便地使用 TCP/IP 协议, 使得本系统在数据传输时非常方便。GPRS 模块通过 RS232 与 STM32 连接。

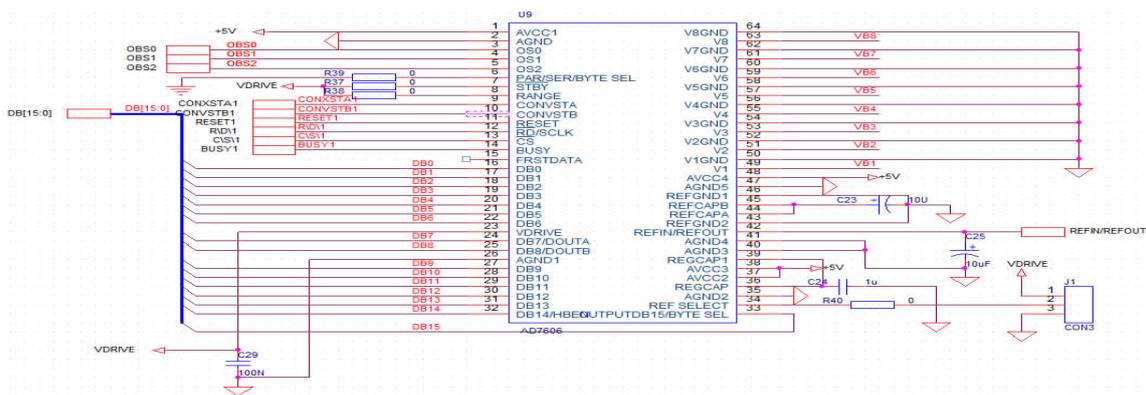


图 3 AD7606 外围接口电路图

3 电源模块设计

STM32F103ZE 控制器的工作电压为 2.0 ~ 3.6 V, FPGA 模块供电要求为 3.3 V, 所以 STM32 工作电压采用 3.3 V。另外 GPRS 模块单独供电, 与系统供电分开。

本系统外接电源为 24 V, 由开关控制上电/断电。为了提高 3.3 V 芯片输入输出电压的可靠性, 采用二级电压转换策略, 增加 5 V 电源电压设计环节。一级电压转换采用 LM2576ADJ 芯片作为 24 V 转 5 V 电压稳压芯片, 其电路图如图 4 所示。

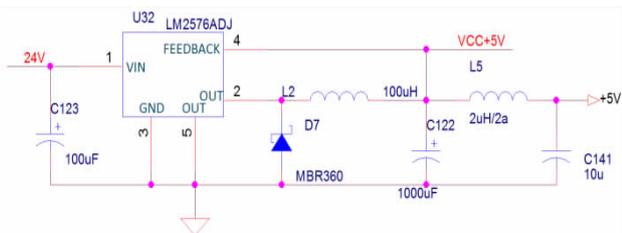


图 4 24 V 转 5 V 电路图

ARM 控制器工作电压为 3.3 V, 因此, 二级电压转换采用 LM1117-3.3 V 低压差线性调压器供电。

LM1117 是一个低压差电压调节器。其线性调整率为 0.2% (Max), 负载调整率为 0.4% (Max), 3.3 V 为其固定输出。图 5 为 5 V 转 3.3 V 电源转换电路图。

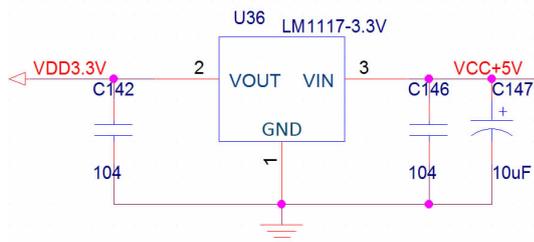


图 5 电源转换电路图

4 监测终端设计

上位机监控终端采用 Lab VIEW 进行开发。Lab VIEW 是面向最终用户的工具, 采用易于编程的图形化语言——G 语言来代替传统的文本式编程语言, 简化了科学计算、过程监控和测试软件的开发过程^[3]。Lab VIEW 系统软件主要由数据采集、数据分析、数据显示与保存四个模块构成。

监测终端设计主要完成以下功能:

(1) 管理功能: 主要实现用户管理与权限管理。

(2) 监测功能: 对电能质量进行实时监测, 能够显示稳态和暂态电能质量指标信息。

(3) 数据分析与处理功能: 能够对监测点的电能质量信息进行记录和存储, 并能对数据进行进一步处理, 能够为电网运行和事故分析提供准确的数据, 支持以图形和波形的数据报表导出。

(4) 数据库功能: 主要实现对数据的分类查询, 如按时间节点查询、按时间节点与电流值查询、按时间节点与电压值查询等。

5 实验与分析

为验证系统的可行性与有效性, 实验中采用多组电压数据对三个通道进行了测试, 图 6 为 TCP 协议测试结果。测试结果表明 TCP 协议接收/发送数据工作正常, 服务器端与客户端功能实现正常。三个通道电压测试曲线如图 7 所示, 数据见表 1。从表 1 可知, 每个通道电压幅值测量结果相对误差都在 0.5% 以内, 能满足电力监测技术指标中电压测量精度 0.5 级以内的要求。



(a)客户端测试结果



(b)服务器端测试结果

图 6 TCP 协议测试结果

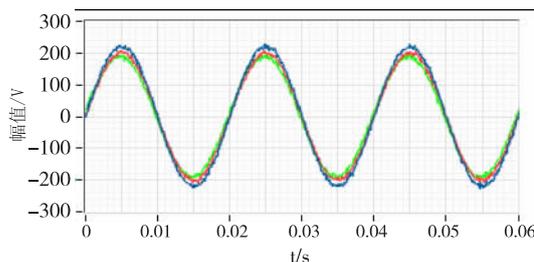


图 7 多通道信号测量曲线

表 1 多通道信号测量结果

测量次数	1	2	3
测试幅值(V)	220	230	240
通道一 测量值(V)	219.76	230.29	239.63
相对误差	0.11%	0.13%	0.15%
测试幅值(V)	210	220	230
通道二 测量值(V)	210.56	219.77	230.74
相对误差	0.27%	0.10%	0.32%
测试幅值(V)	200	210	220
通道三 测量值(V)	199.51	210.77	219.69
相对误差	0.25%	0.37%	0.14%

实验结果表明,所设计系统通信功能正常,每个通道测试结果都符合标准,系统采集精度满足要求。

6 结束语

本文以 STM32F103ZE 与 Lab VIEW 虚拟仪器技术为核心实现了光伏发电电能质量采集系统,该系统可以实时地对光伏电站运行情况进行监测,依据传输回来的电能质量信息,技术人员可以及时了解电站的运行情况,依据报表信息对电站运行情况进行准确的评估。系统界面简单,易于操作,成本比较低,具有很好的工程应用价值。

参考文献:

- [1] 曾正,杨欢,赵荣祥,等.多功能并网逆变器研究综述[J].电力自动化设备,2012,32(8):5-15.
- [2] 国家能源局.2014 年光伏产业发展状况[EB/OL].(2015-02-15). http://www.nea.gov.cn/2015-02/15/c_133997454.htm.
- [3] 邹正华,刘永强,王强.基于 DSP 和 LabVIEW 的分布式电能质量监测装置设计[J].电力自动化设备,2010,30(1):122-126.
- [4] 周瑜,田会峰.基于 DSP 与 ARM 的低电压配电系统电能质量在线监测与分析[J].计算机与数字工程,2014,42(6):948-951.
- [5] 韩向可,段立霞.基于 DSP 的风电场电能质量监测系统[J].工业仪表与自动化装置,2014(6):50-52.
- [6] 张旭,元学广,李世光,等.基于 STM32 电力数据采集系统的设计[J].电子测量技术,2010,33(11):90-93.
- [7] STM32F101xx, STM32F102xx, STM32F103xx, STM32F105xx, STM32F107xx, ARM kernel 32 bit high performance for control reference manual[S/OL]. <http://www.stmicroelectronics.com.cn/web/cn/catalog/mmc/FM141/SC1169/SS1031>
- [8] Analog Devices.8/6/4 通道 DAS,内置 16 位、双极性输入、同步采样 ADC AD7606/AD7606-6/AD7606-4[M/OL].2010,10.[2015-11-15].<http://www.analog.com/cn/products/analog-to-digital-converters/precision-adc-10msps/simultaneous-sampling-ad-converters/ad7606-6.html#product-overview>
- [9] 肖振锋,袁荣湘,邓翔.基于 Xbee 与 GPRS/GSM 的智能抄表系统[J].电气应用,2013,32(5):34-39.

Design of Photovoltaic Power Quality Monitoring System Based on STM32

CHEN Lin^{1,2}, ZHANG Chun^{1,2}, HE Huiyun^{1,2}, XU Xingxing^{1,2}, GU Long^{1,2}

(1. College of Electrical Engineering, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China;

2. Anhui Key Laboratory of Detection Technology and Automation Devices, Wuhu 241000, China)

Abstract: A low power consumption and high performance photovoltaic power quality monitoring system based on STM32 is designed to realize multichannel power real-time data acquisition with the rich peripheral resources of STM32 and the flexible control of field programmable gate array (Field-Programmable Gate Array, FPGA), in which, FPGA controls data acquisition and storage, STM32 controls data processing and general packet radio service (General Packet Radio Service, GPRS) communications. This system can overcome the problems of traditional power quality monitoring system such as single communication interfaces, limited data storage space, poor real-time capability and so on. Experiments show that the system can reliably realize the real-time monitoring on the running condition of the photovoltaic power station.

Key words: photovoltaic power station; STM32; data acquisition; GPRS