



基于 CS5460A 的三相电参数检测仪的设计

赵继民, 杨世凤, 李军超
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 针对现有电参数检测仪功能单一、自动化程度不高等缺点, 采用 ATMEGA162 为微控制器、专用电能计量芯片 CS5460A 为模数转换器, 根据嵌入式系统的设计思想设计了三相电参数检测系统. 介绍了三相电参数检测仪的硬件结构和软件设计方法, 并分析了提高测试精度的方法. 测试表明, 系统的测量精度可达到 0.1 级, 能满足对设备用电参数监测的要求.

关键词: CS5460A; 电参数; 微控制器; 互感器

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6510 (2008) 04-0069-03

Design of Three-Phase Electric Parameter Measurement Instrument Based on CS5460A

ZHAO Ji-min, YANG Shi-feng, LI Jun-chao
(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology,
Tianjin 300222, China)

Abstract: Because of the lack of simple function and low-level automation, the common meter of electrical parameters can not meet the industrial need of automatic measurement in mass production. Based on the design theory of the embedded system, a new kind of measurement system was designed for testing three-phase AC electrical parameters, which uses ATMEGA162 as microcontroller and CS5460A single phase bidirectional power/energy IC of Cirrus Logic as the A/D converter. The design of hardware and software was introduced, and the method to improve the accuracy of measurement was also analyzed. Experiments show that the measuring accuracy can reach 0.1% and the system can meet the requirement of monitoring the electric parameter.

Keywords: CS5460A; electrical parameter; micro-controller; mutual inductor

三相电压、三相电流、有功功率、功率因数等电参数的测量是电机出厂测试中最基本的项目. 同时, 也是造纸行业用磨浆机等设备监测与分析用电情况的基本参数. 目前市场上已出现了多种电参数检测仪, 其检测方式大多数为电压、电流和功率的分离检测, 从实际使用效果来看, 还存在着功能单一、自动化程度低等缺点^[1], 与大批量自动化工业测试不相适应, 同时, 这些产品不能完全满足磨浆机等设备对用电情况的检测需求.

目前, 数字式电参数检测仪主要有两种设计方

案: 第一种是采用 A/D 和 DSP 的方式, A/D 采样电流电压值并数字化, 然后通过 DSP 内部运算得出各参数值, 其主要工作是通过 FFT 变换还原基波; 第二种是采用专用电能计量芯片, CPU 直接从专用电能计量芯片的内部寄存器中读出参数值并进行简单的处理^[2].

CS5460A 是一款高性能的单相电参数计量芯片, 精度高、线性度好, 在电能计量方面已经有很多成功的应用, 它改变了传统电参数测量的概念^[3]. 本文采用 CS5460A 芯片, 针对造纸磨浆机等设备, 开

收稿日期: 2008-04-02; 修回日期: 2008-07-11

基金项目: 天津市农业科技成果转化与推广项目 (502200)

作者简介: 赵继民 (1970—), 男, 天津人, 讲师.

发出三相电参数在线检测系统. 可以选择对不同设备进行电参数的检测与分析, 并预留与计算机的通信接口, 便于对设备用电情况进行深度分析.

1 硬件设计

三相电参数检测仪的硬件结构如图 1 所示. 通过电流互感器和电阻分压网络分别将需要检测的电流和电压信号变为 150 mV 之内的小信号, CS5460A 根据采样的电流和电压计算出各相的参数值, 然后将电流、电压和功率等参数值通过 SPI 总线传送给微控制器 ATMEGA162, 微控制器负责完成数据的处理、显示、存储及传送^[3]. 因为 CS5460A 是单相功率/电能计量芯片, 所以如果采用三相三线制, 则需要两片 CS5460A, 三相四线制则需要三片 CS5460A^[4]. 本系统设计为同时兼容上述两种方式, 所以采用了三片 CS5460A. DS3231 作为系统的时钟源, 给系统提供时间, 24C16 则用来存储系统测得的参数值及校验结果.

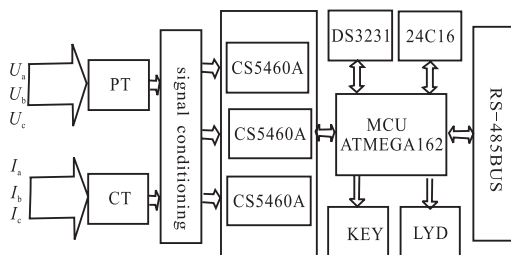


图 1 系统硬件结构框图

Fig. 1 Hardware implementation frame diagram of system

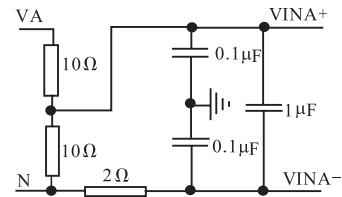
1.1 外围电路设计

1.1.1 信号输入电路

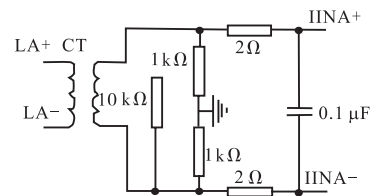
CS5460A 的输入通道只能接受小于 250 mV 的小电压信号, 大的电压和电流要先经过调理才能与 CS5460A 的输入通道相连^[4]. 电压和电流输入分别采用了电阻分压和电流互感器的信号调理方式, 将电压和电流的大小调整到 CS5460A 需要的范围内. 同时, 互感器还起到与电力线隔离的目的, 从而减小了电力线上交流信号窜入 CS5460A 输入通道的各种干扰信号. 信号输入电路设计如图 2 所示.

1.1.2 CS5460A 与微控制器间接口

CS5460A 与微控制器之间采用了 SPI 总线通信方式, 其接口电路如图 3 所示. 图 3 中给出了 A 相的电路原理图, 其余两相与 A 相相同.



(a) 电压输入设计



(b) 电流输入设计

图 2 输入通道设计

Fig. 2 Design of inputting channel

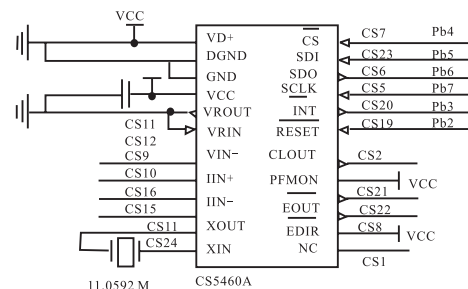


图 3 CS5460A 外围电路设计

Fig. 3 CS5460A designing of the external circuit

1.2 微控制器外围电路

1.2.1 键盘、显示及总线

键盘为 20 个按键输入, 包括数字键 0—9、以及测量 CT 变比、校验、存储、总线、清除、确认、选择、浏览以及复位键等. 键盘的实现采用了键盘专用芯片 CH452, 从而简化了键盘电路的设计.

显示采用了 128 × 64 点阵的矩阵式液晶显示器 LCD12864, 用于在线显示系统各种工作状态, 并实时监控与上位机的连接状态. 液晶与微控制器间采用了并口方式, 从而加快了数据的传输速率.

此外, 为了方便与上位机进行数据交互, 扩展了 485 总线接口, 总线转换器选用的是 MAXIM 公司的 MAX485 单工 485 转换器.

1.2.2 时钟、存储电路部分

系统采用时钟芯片 DS3231 作为系统时钟源. 该芯片包含了实时时钟/日历和 31 字节的静态 RAM, 它经过一个简单的 I²C 串行接口与微控制器通信, 实时时钟/日历提供当前时间等信息.

同时,系统使用 AT24C16 来保存系统校准参数和能量值. AT24C16 是 AT24C 系列中的一种典型 EEPROM 芯片,容量为 2048×8 位,每个字节允许擦写 10 万次.

2 软件设计

ATMEGA162 与 CS5460A 通过 SPI 接口来实现数据的传输,ATMEGA162 顺次读取三片 CS5460A 的电流、电压有效值以及电能寄存器^[4],并对读出的数据进行处理,电流电压的有效值寄存器是无符号的 24 位寄存器,其值在 0 到 1 之间,表示当前测量值与满量程的比值;对电流电压有效值寄存器进行数据处理时,只需要将寄存器的值乘以满量程值即可得到需要的电流和电压有效值;有功功率是从上一周期的电能转换寄存器得到的,其方法为将最近 5 次的电能值累加起来,每次 200 ms,从而可得到有功功率值. 下位机电参数采集单元程序流程图如图 4 所示.

系统中三片 CS5460A 的脉冲输出引脚分别与 ATMEGA162 的三个外部中断引脚相连,当有外部中断时,首先判断 EDIR 输出,如果 EDIR 为低则表明电能方向为负,此时就要从总能量中减去一个脉冲代表的电能,为高则加上一个脉冲代表的电能.

表 1 电压、电流有效值、功率测量结果
Tab. 1 Test results of voltage, current virtual value and power

序号	电压有效值/V			电流有效值/A			有功功率/W		
	标准值	第一组	第二组	标准值	第一组	第二组	标准值	第一组	第二组
1	220.00	220.10	220.09	10.000	10.002	10.004	1 980.00	1 980.54	1 980.63
2	110.00	110.09	110.12	5.000	5.002	5.003	495.00	495.09	495.09
3	66.00	66.09	66.08	3.000	3.003	2.999	178.20	178.70	178.60
4	44.00	44.07	44.05	2.000	2.001	2.000	79.20	79.40	79.40
5	22.00	22.04	21.90	1.000	1.000	1.002	19.80	19.80	19.760

表 1 中的有功功率是在功率因数为 0.9 的情况下测得的. 从测量结果可以分别得出电压、电流、功率与相应的标准值的最大差值为 $\Delta U_{\max} = 0.10 \text{ V}$, $\Delta I_{\max} = 0.004 \text{ A}$, $\Delta P_{\max} = 0.7 \text{ W}$.

国家计量检定规程中提供的此类设备的误差计算公式为

$$\epsilon_U = \frac{|\Delta U_{\max}|}{U} \times 100\%$$

$$\epsilon_I = \frac{|\Delta I_{\max}|}{I} \times 100\%$$

$$\epsilon_P = \frac{|\Delta P_{\max}|}{P} \times 100\%$$

依照误差计算公式对实验结果进行了验证后发

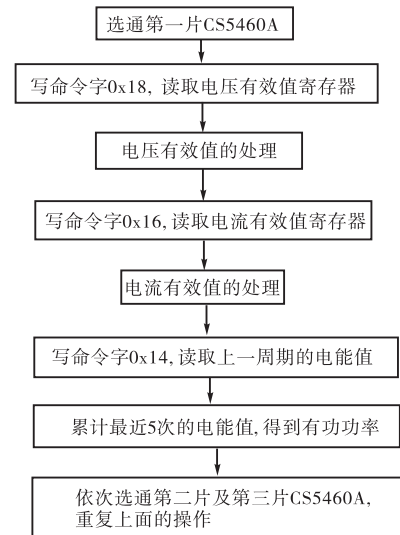


图 4 下位机电参数采集单元程序流程图
Fig. 4 Electrical parameter sampling unit flow chart of the slave computer

3 实验与误差分析

3.1 实验

依照 CS5460A 的校准流程依次进行了电压、电流的有效值偏移量校准,相位补偿,功率的增益及偏移量校准之后,测得实验结果如表 1 所示.

现,系统的电流、电压有效值以及有功功率的相对误差均小于 0.1%,满足精度为 0.1 级的精度要求.

3.2 误差分析与补偿

由于本系统中的电参数测量使用的是专用芯片,因此测量精度主要取决于芯片的选择以及调理电路的设计.有可能引起误差的环节和补偿方式如下:

(1) 电流互感器引起的测量误差,此项误差可通过购买高精度的互感器来解决.

(2) 电压输入和电流输入通道的电气性能不完全一致,会产生一定的相位差,再加上电流互感器的角差,这样会使得每一相电路中的电压和电流信号在经过互感器和信号调理电路之后都产生了综合的相

(下转第 75 页)