

基于 MSP430F149 的电力参数检测仪设计

邓泽霞, 刘峰, 纪钢

(重庆理工大学, 重庆 400054)

摘要: 介绍了基于 MSP430F149 单片机的电力参数检测仪, 给出了电力参数检测仪的硬件电路、软件设计方法。该测量仪具有高测量精度、液晶显示、数据存储功能, 并带有 485 数据接口, 可以将测得的数据发送到 PC 机, 具有硬件结构简单、体积小、成本低、响应快、使用方便等特点。

关键词: MSP430F149 单片机; 电力参数; 交流同步采样

中图分类号: TP391.8; TP216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0091-04

Design of Electric Power Parameters Measuring Device Based on MSP430F149 MCU

DENG Ze-xia, LIU Feng, JI Gang

(Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: An Electric power parameters measuring device based on MSP430F149 was introduced. The design of hardware circuit and software of the device was introduced. The device has high measurement precision, LCD display, data storage, and RS-485 data interface to communicate with PC. The device has the advantage of simple hardware structure, small size, lower cost, high speed, and easy for operation.

Key words: MSP430F149 MCU; electric power parameter; AC synchronization sampling

随着计算机技术的发展,在电力系统中,对电力监控系统或测量仪表的需求日益增加,电力系统的自动化已经成为当前的主流^[1-2]。目前电力系统自动化检测中存在误差的原因主要有:采样方法选择不当、采样周期存在误差、工频波动以及采样不同步等。介绍一种采用交流同步采样法完成交流电压、交流电流以及电网周期的测量,从算法的选择、硬件设计和软件设计等多方面的改进来提高系统的精度。该系统采用交流采样法对数条电力线路的交流电压、电流直接进行采样,单片机根据采样数据采用特定算法来完成电压电流有效值、功率因数、有功功率、无功功率、电度、工频等参数的计算,在液晶显示屏上以动态数字、实时曲线和统计表格等多种可选形式显示;并将检测数据通过 RS-485 串行通讯接口送至上位微机进行数据后期处理、保存、汇总打印等工作,从而在工业企业中构成局域网,实现远距离传输和监测。

1 交流同步采样实时检测技术

1.1 直流采样与交流采样

对电力参数的检测根据采样信号的不同,可分为直流采样和交流采样^[3-4]。直流采样需要变送器,变送器通过内部的各种模拟运算电路,把被检测的电力参数变换成 0~5 V 的直流信号,由于变送器是有源运算环节,存在零漂现象和非线性,这必然会影 响系统的检测精度与实时性,并且系统所需变送器的数量会随着被检测供电系统的线路数成倍增长,直接增加了系统的投资成本,维护的复杂性。交流采样是直接对电压互感器 PT 和电流互感器 CT 转换的交流量进行采样,由此可以解决由变送器带来的误差问题,同时降低了系统的成本,维护也比较方便。系统选用了 16 位超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 指令集 MSP430F149 单片机,该款单片机自带 12 位 200 kb- ps 的 A/D 转换器,运行速度快,为提高系统的检测速

收稿日期: 2011-05-17

作者简介: 邓泽霞(1970—),女,重庆人,在读硕士,重庆理工大学实验师,主要从事从事电子技术方向的研究与教学工作。

度与检测精度提供了保障。

1.2 交流同步采样原理

电力参数的测量,必须采用整周期同步采样,目前实现整周期同步采样方法主要有硬件同步采样、软件同步采样和异步采样 3 种^[3]。硬件同步采样多采用数字锁相(PLL)技术完成 2 个电信号相位的同步,这种方法结构复杂,且可靠性不高;异步采样又称为定时采样,实际上是假定电网频率为某一定值,当电网频率波动时,非整周期同步截断误差相当大,故对精度要求较高的场合是不适用的;系统采用的是软件动态跟踪同步采样方法,软件同步采样由定时器中断来实现,首先由电网频率跟踪电路,检测出电网频率 f ,然后得到电网周期 T ,最后根据周期 T 和每周期的采样点数 N 来确定定时器的定时值,软件同步不需要专门的锁相环和同步电路,与硬件同步采样相比其结构相对简单。

一个周期内对电压电流进行等间隔采样得到 N 个电压电流采样数据,分别计算:

$$\text{电压有效值: } U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_k^2}$$

$$\text{电流有效值: } I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N i_k^2}$$

$$\text{有功功率: } P = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k i_k$$

$$\text{视在功率: } S = UI$$

$$\text{功率因数: } \cos \varphi = P/S$$

$$\text{无功功率: } Q = \sqrt{(S^2 - P^2)}$$

三相功率按照单相参数电路测量的方法,分别求出 P_A, P_B, P_C 。

$$P = P_A + P_B + P_C; Q = Q_A + Q_B + Q_C; S = S_A + S_B + S_C。$$

P, Q 经过时间积累,得到有功电度和无功电度。

上式中 N 为采样点数(系统每周期采样点数为 256), u_k, i_k 为 i 时刻的瞬时值。

2 系统的硬件设计

系统硬件主要由微控器、信号调理电路(幅值转换、A/V 转换、抗混叠滤波环节)、电网频率跟踪检测电路、键盘、液晶显示模块、数据存储模块以及通信模块组成,系统结构原理组成见图 1。数据采集部分主要完成三相交流电压电流的检测以及电网频率的实

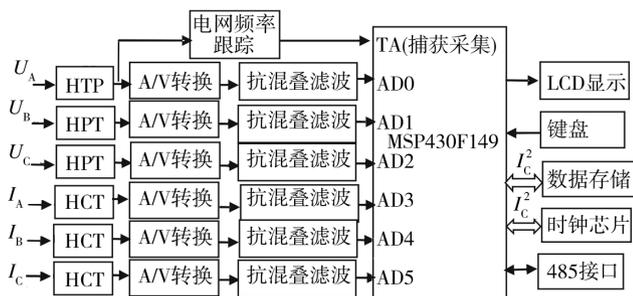


图 1 系统结构原理组成

Fig. 1 System structure principle and components diagram

时跟踪检测。

微控制器选用的是美国德州仪器(TI)公司推出的超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 指令集单片机 MSP430F149^[6], MSP430F149 的主要特点有:低电源电压范围为 1.8~3.6 V;12 位 200 kbps 的 A/D 转换器,自带采样保持;2 个具有捕获/比较寄存器的 16 位定时器;6 个 8 位并行端口,其中 2 个 8 位端口有中断能力;多达 60 kb 的 FLASH ROM 和 2 kb RAM;串行在线系统编程等。该单片机具有处理能力强、运行速度快、资源丰富、开发方便等优点。

系统需要采集三相电压和三相电流共 6 路信号,因此利用 ADC12 的外部模拟输入通道 A0~A5。采用软件定时启动方式启动 AD 转换并控制采样方法,设置序列通道的转换顺序时,交替采集电压、电流信号。并且通过控制采样/转换位 ADC12SC 来触发 ADC,ADC12SC 可由一定时器来置位,该定时器的定时时间是根据当前工频的实际周期和每周期的采样点来确定,使得采样时间间隔能跟踪工频的变化,减小了测量的非同步误差。

2.1 信号处理模块

MSP430F149 单片机采样的是 0~2.5 V 的电压信号,因此必须把互感器的输出信号进行信号调理。系统信号调理主要完成 3 方面的功能,一是将高压信号(峰值 300 V 以上)、电流信号转换为低压交流信号(5 V 以下);二是将实际电网中含有谐波的交流低压信号进行低通滤波,使采集信号的频率与抽样频率之间满足抽样定理,以防止混叠效应,抗混叠电路见图 2,图 2 中 MAX291 是美国 MAXIM 公司生产的开关电容式有源低通滤波器,是仪表类常用的一种 8 阶巴特沃斯型滤波器,3 dB 截止频率可以在 0.1~25 kHz 之间选择,陡斜过渡带和平坦度很高的通带,使得该滤波器特别适合于最大通带的抗混叠以及需要滤去

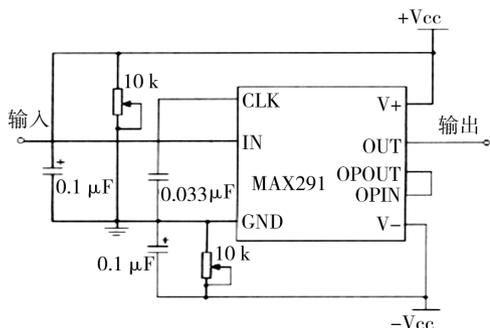


图 2 抗混叠滤波器

Fig. 2 Anti-aliasing filter

频率范围内紧邻信号使用,MAX291 组成的滤波器具有外接元件少、结构简单、参数调整方便的特点;三是将电流输出信号进行电流/电压(A/V)转换,系统采用的二次互感器有微型电压互感器 HPT205A,输入电流范围为 0~2 mA,输出为 0~2 mA,微型电流互感器 HCT204B,额定输入电流为 0~5 A,输出为 0~2.5 mA,通过 A/V 转换电路的转换,使输入信号满足单片机对采样信号的要求。

2.2 电网频率实时检测电路

MSP430F149 单片机的定时器 A 有 5 个相同的捕获/比较模块,每个模块都可用于捕获事件发生的时间或产生一定的时间间隔。如果相应的中断允许,每完成一个时间捕获或一次定时间隔都将产生中断,系统应用 Timer_A 捕获/比较模块测量频率,将 A 相电压信号经过过零电压比较器变成方波信号,过零比较电路见图 3,只要捕获 A 相电压信号中连续 2 个

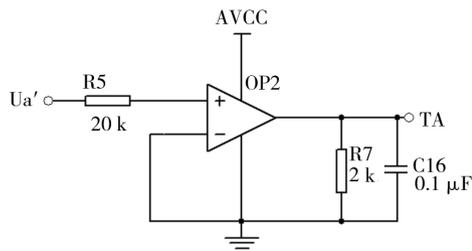


图 3 过零电压比较器

Fig. 3 The zero voltage comparator

上升沿,同时启动定时器,2 个上升沿之间定时器的计数差值即为一个整周期的计数值。

2.3 电源模块

系统采用多电压输出的小功率开关电源供电,输入为工频交流电,输出有 +12, -12, +5 V。MSP430F149 单片机的工作电源是 +1.8~+3.6 V,

系统使用 RICOH 公司的电源管理芯片 RH5RL36AA,该芯片可以将 +5 V 输入电源转换成高精度稳定的 +3.6 V 输出,误差仅为 $\pm 2.5\%$,其 50 mA 输出电流和简便的三脚贴片封装使用非常方便,MSP430F149 单片机供电的 +3.6 V 电压转换电路见图 4。

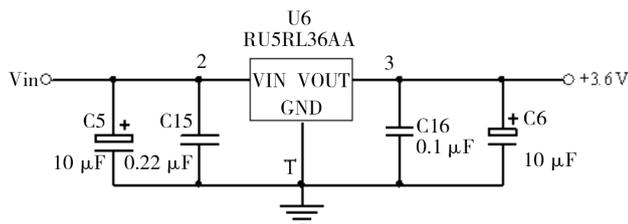


图 4 MSP430F149 +3.6 V 电压转换电路

Fig. 4 +3.6 V Voltage converter circuit of MSP430F149

2.4 人机交互电路

人机交互电路主要包括键盘和液晶显示模块电路,为了操作简便,键盘共设置有“复位”、“菜单”、“上翻”、“下翻”、“确定”、“取消”6 个按键。“复位”按键接在看门狗芯片的复位端,其余 5 个按键接在单片机带中断功能的 P1 口,采用下降沿触发的中断方式进行中断编程。

MSP430F419 的片内带有液晶驱动模块,可以直接驱动 LCD,液晶显示模块是选用北京青云公司的 LCM061A,LCM061A 是通用仪器仪表液晶显示模块,其工作电压为 2.7~5.2 V,工作电流小。

2.5 通信模块

通信接口是用来与上位机进行数据交换,将电网运行参数和系统运行状态的数据输出,系统采用 RS485 通信,接口芯片是 TI 公司的 SN65LBC184 芯片。检测仪器作为从机,上位 PC 作为主机,监视检测仪器,每个从站被赋予唯一的本机地址,采用主机轮询,从机应答的通信方式。主机通过发送命令帧启动一次通信,从机接收到数据后,判断呼叫地址是否和本机地址相同,若不同则不予理睬;若相同则根据命令帧中的特征字(命令字)发送主机要求的数据帧。

2.6 其它部分

为了保存大量的电力参数和保证掉电后重要数据不丢失,系统采用了片外 E2PROM 数据存储模块 FM24CL64,时钟芯片 PCF8563 为系统提供时钟。由于 FM24CL64 和 PCF8563 都是 I2C 总线工作方式,

MSP430F149 单片机没有 I2C,所以在设计时采用单片机的一般 I/O 口作为 I2C 总线,通过软件模拟总线协议来对它进行相应操作。

3 软件设计

电力参数检测仪的软件采用模块化设计思想,这样既便于调试、链接,又便于移植修改。MSP430 有良好的 C 编译器、IAR 调试环境,主程序主要包括初始化子程序、操作键管理子程序、A/D 转换子程序、数据采集与处理子程序、LCD 显示子程序模块等,主程序流程见图 5^[8]。

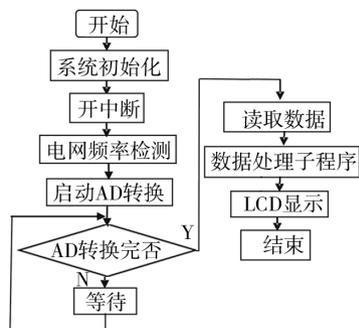


图 5 主程序的流程

Fig. 5 Main program flow

主程序中数据处理模块为软件设计的核心,主要作用是计算电力参数,并在某一指定时刻(可设置)将

数据保存到存储器中。

4 结语

详细介绍了基于 MSP430F149 的电力参数检测仪的硬件电路模块的设计和软件设计方法,该仪器具有硬件简单、成本低、响应速度快、显示直观、操作方便等优点,具有一定的推广实用价值。

参考文献:

- [1] 阴振勇. 电力运行参数在线监测与控制[J]. 制造业自动化, 2007, 29(5): 76-78.
- [2] 姜秀柱, 徐钊. 供电系统电力参数的计算机检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2005(5): 217-218.
- [3] 刘政, 张光建, 黄贤英, 等. 交流同步采样在断路器测控装置中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(12-2): 308-309.
- [4] 郭冰菁, 朱坚民, 孟庆辉. 交流电量的实时检测技术及实现[J]. 机床与液压, 2005(2): 134-136.
- [5] 刘春玲, 阎新堂, 孟宪宇. 交流电参数的同步采样方法研究[J]. 辽宁工学院学报, 2004, 43(2): 18-20.
- [6] 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [7] 王瑞兰. 电网参数实时检测系统的设计[J]. 微计算机信息, 2009, 25(12-2): 79-81.
- [8] 葛化敏, 胡元海, 郁波. 基于 TMS320F2812 的电力系统参数测试仪的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2008(12): 21-23.
- [4] MARK V Martin, KOSUKE Ishii. Design for Variety: Developing Standardized and Modularized Product Platform Architectures[J]. Research in Engineering Design, 2002(13): 213-235.
- [5] GU P, HASHEMIAN M. An Integrated Modular Design Methodology for Life~Cycle Engineering[J]. Annals of the CIRP, 1997, 46(1): 71-74.
- [6] 龚京忠, 邱静, 李国喜, 等. 基于功构单元的产品族规划方法[J]. 中国机械工程, 2009, 20(1): 52-59.
- [7] 廖林清. 机械设计方法学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- [8] YAMANOUCI T. Breakthrough: the Development of the Canon Personal Copier[J]. Long Range Planning, 1999, 22(5): 11-21.
- [9] 高淑英, 徐燕申, 谢艳. 基于功能流模型的模块划分方法及其实例研究[J]. 机床与液压, 2005(9): 22-23.

(上接第 72 页)

4 结论

采用模块化设计可以缩短包装机的设计周期、降低其生产成本。包装机的模块划分为其后续的模块化设计奠定基础,同时,这种模块划分的过程和方法也适用于其它的工艺型机器。

参考文献:

- [1] 肖衡. 挑战中的我国包装机械企业发展对策[J]. 包装与食品机械, 2009(4): 50-53.
- [2] 刘达斌, 刘伟. 建立面向大规模客户化定制的产品设计流程模型[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2002, 25(6): 16-18.
- [3] 童时中. 模块化设计原理、方法与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.