

用 MSP430F149 设计
低成本智能电力监测仪

北方交通大学 刘小端 曾国宏

引言

为保证电网安全运行并了解电网的运行状况,需要对电网的各种运行参数进行适时监测。微机技术在电力系统中的普及应用,使电力系统的测量和监控技术得到了快速发展。采用微机交流采样来测量电流、电压、有功、无功等电量既经济又可靠。但在实际应用中,由于监控仪表大多采用单片机和时域的计算方法,数据处理能力差,运算速度慢,当电网出现谐波或三相电路不平衡时,无功功率存在不平衡误差,精度下降。高性能的数字信号处理器(DSP)应用于电力

系统自动化是发展方向,但使用DSP又存在开发周期长、成本高的问题。

为了使电力系统监测仪表有一个较高的性价比,本文介绍一种基于MSP430F149的低成本多功能全电子式电力系统监测仪。

硬件设计

本设计使用的MSP430F149单片机属于德州仪器公司MSP430F13X/14X FLASH系列。该系列是一组超低功耗的微控制器,由多种针对不同应用而以不同模块组成的型号组成,微控制器可使用电池长期工作,电压

范围1.8~3.6V。由于具有16位RISC结构,16位寄存器和常数寄存器,MSP430达到了最大的代码效率。数字控制的振荡器提供快速从所有低功耗模式苏醒到活动模式的能力时间少于6 μ s。MSP430F14X带有两个16位定时器(带看门狗功能)、速度极快的8通道12位A/D转换器(ADC)(带内部参考电压、采样保持和自动扫描功能)、一个内部比较器和两个通用同步/异步发射接收器、48个I/O口(均可独立控制)的微处理器结构。硬件乘法器提高了单片机的性能并使单片机在编码和硬件上可兼容。MSP430 FLASH擦写次数高达10万次,强力抗干扰。

MSP430F149有60KB的FLASH ROM和2KB的RAM。其中FLASH又分为120段(每段512B)的主存储器和两段(每段128B)的信息存储器。FLASH可以整个擦除也可以分段擦除,这给系统的软、硬件设计都带来了极大的便利和灵活性。

MSP430F14X的A/D转换器

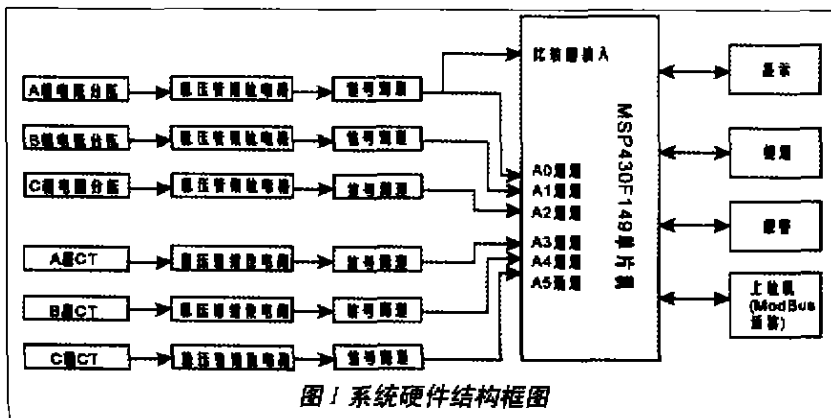


图1 系统硬件结构框图

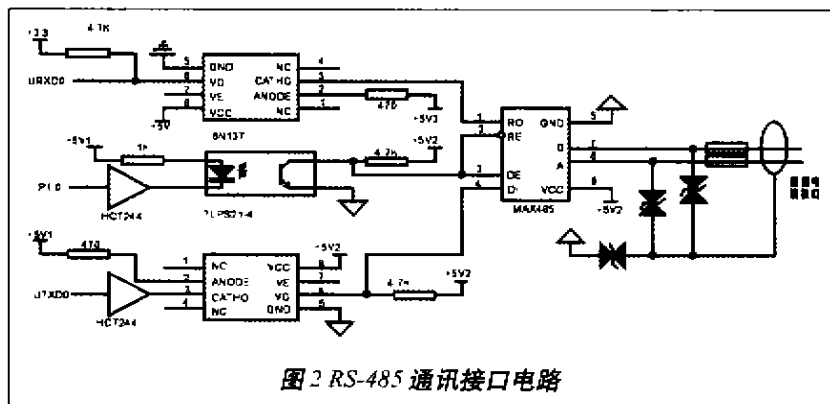


图2 RS-485 通讯接口电路

ADC12采用逐次逼近原理、12位分辨率，高2位由电阻网络获得，低10位由电容网络获得，最高采样速率可达 2×10^5 次/s。ADC12有内置的采样保持电路，8个内部模拟输入通道，每个通道可独立选择内外正负参考电压源。片内有16组采样寄存器，其中一个16位寄存器存放转换结果，一个8位寄存器存放采样通道号，参考电压选择及序列标志。用户可以预先设置好通道顺序及参数，并用序列标志指明序列的结束位置，这一结构可以大大减少采样控制软件的成本。

鉴于MSP430F149单片机的以上特点，测周期电路选用内部模拟比较器，采样选择内部ADC，并且外部不用扩展存储器和I/O口。图1为系统硬件框图，可以看出外围设备得到了简化。

设计中需要注意的是MSP430F149的工作电压是3.3V，因此其I/O电平也是3.3V逻辑电平，并且与5V TTL电平兼容。但与5V CMOS的标准电平不一样，所以不能直接与5V的CMOS标准器件相接。在这种情况下，可以采用双电压（一边是3V供电，一边是5V供电）供电的驱动器，如TI的SN74ALVC164245、SN74LVC4245，或选用74HCT、74ACT系

列的CMOS器件。本设计采用后一种方法，下面介绍各部分单元电路原理。

数据采集单元

为了降低成本，大信号的三相电流使用电流互感器得到交流小信号，而大信号的三相电压则用隔直电路隔掉直流，经过电阻分压得到交流小信号。为保证有功功率、无功功率和电量的精度，应尽量选用一致性好、相位误差小的互感器。保护回路可以用简单的稳压管钳位电路来实现，钳位电压应略高于满量程时输出的峰值电压，以防止因稳压管漏电流而引起的波形失真。

信号调理电路实际上是对信号的变换和低通滤波。由于单片机内部ADC为单极性且参考电压为2.5V，因此输入信号电平应为0~2.5V。本装置利用单片机ADC参考信号的输出，取其1/2即1.25V作为基准，将交流信号的零点提高到基准电压，然后使用运放作电平变换，即可将信号电平变为0~2.5V。对于低通滤波器，应选用精度为1%的电阻，并计算出滤波网络的相位误差，确保其在允许范围内。

在设置ADC采样通道顺序时，交替采集电压和电流，可以减少各相的相位误差。

测周期单元

交流信号的周期检测一般利用整形二分频电路，本设计将经过调理的交流小信号和基准电压信号输入单片机的内部比较器，得到的方波信号直接由单片机内部送到定时器A的捕获单元，实际上也是利用整形二分频电路的原理。

在使用定时器A的捕获功能测量周期时，由于比较器输出信号前后沿产生抖动，需要利用软件避让法，即设置一个时间间隔，当捕获的时间间隔大于设置的时间间隔时才认为有效。而且不论捕获上跳沿还是下跳沿，最后所得的时间间隔的两倍才等于交流信号的周期。

通讯单元

图2为RS-485通讯接口电路。单片机与上位机之间的数据传送经过RS485收发器MAX485，由单片机的USART0发送和接收。通信方式为半双工，由单片机的P1.0口控制数据发送和接收。

为了提高数据传输的抗干扰性，MAX485为+5V单独供电，采用高速光耦6N137与其它电源完全隔离，不共地。由于传输线较长而且现场可能有电磁干扰，所以在传输线上并联瞬变电压抑制器TVSC、串联熔断器，并且传输线使用带屏蔽层的电缆。

键盘及显示单元

显示采用三星公司的VFD模块（编号：16T202DA1J）。该模块与LCD接口兼容，与MCU之间以4位或8位并行交换数据，显示、亮度均可以通过软件调节，除了能够显示ASCII码和日、韩字符外，还能自定义8个特殊字符。本文利用单片机的11个I/O口（8根数据线，三根控制线）实现对

显示模块的控制,软件和硬件实现电参数的显示都很方便,具体使用可参见16T202DA1J的数据手册。

键盘输入可以直接接到单片机的P1或P2口,利用其接受外部中断的能力完成键盘中断服务程序。如果使用的键盘数量较多,可以使用4021将并行键盘输入改作串行输入,这样只需三个I/O口(两根控制线P/S、CLK,和一个键盘串行输入口)就可以实现对多个键盘状态的查询,当查询到有键按下时先识别键码再转入相应的服务程序。

开关量输入和继电器输出单元

开关量输入有四路,输入到P1或P2口。继电器输出有两路,直接由单片机的I/O口输出到MC1413以驱动继电器,为了防止继电器误动,选用4555对驱动信号加以互锁。本单元可用于报警和继电保护。

软件设计

在系统的软件设计中,采用模块化设计方法,使得程序结构清晰,便于今后进一步扩展系统的功能。系统软件由以下模块构成:主程序、定时器中断服务程序、键盘中断服务程序、数据采集处理子程序、显示程序、通讯程序等。主程序主要完成系统初始化、装置自检等。限于篇幅,子程序仅介绍定时器中断服务程序和通信协议。

定时器中断服务程序

定时器A带有3个捕获/比较寄存器,相对应的有三个中断源和两种中断模式。定时器A捕获中断源为捕获/比较1,在其服务程序中主要完成信号周期的检测。定时器A比较中断源为捕获/比较0,在其服务程序中主

要完成三相交流电压、电流的采集,数字滤波,采样数据存储,标度变换以及超限报警等。软件抗干扰采用算术平均值滤波的方法。其主要流程如图3所示。对电参数的测量基于以下公式:

电压有效值:

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n^2}$$

电流有效值:

$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_n^2}$$

有功功率:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n i_n$$

视在功率:

$$S = UI$$

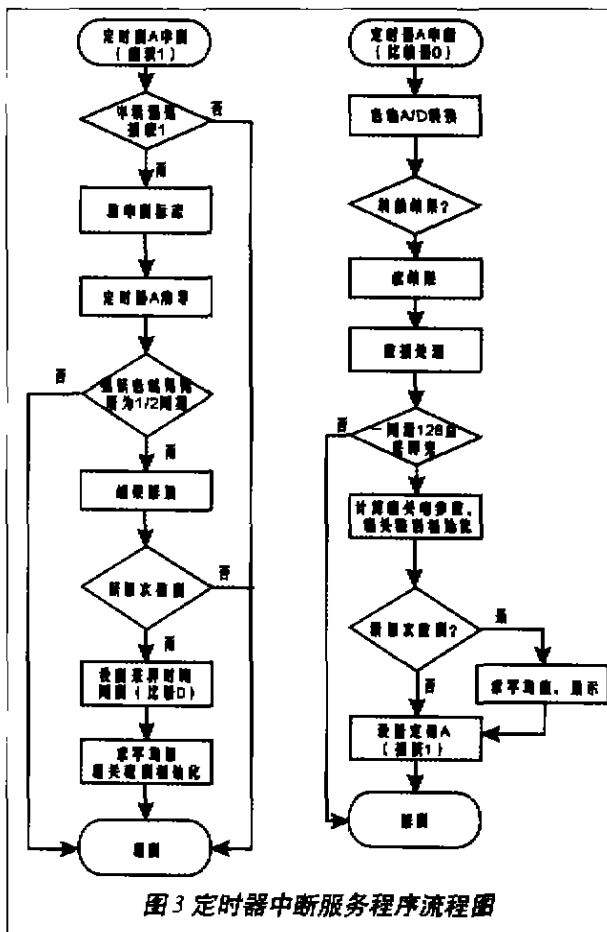
$$\text{无功功率: } Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$\text{功率因数: } PF = \frac{P}{S}$$

通信协议

本设计采用基于ModBus总线的通信,使信息和数据在上位机(主站)和电力监测仪之间有效地传递。其作用包括:(1)允许主站访问和设定所接电力监测仪的全部设置参数;(2)允许访问电力监测仪的所有测量数据。

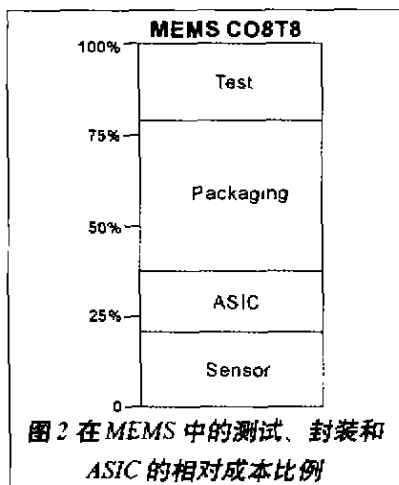
ModBus是一种工业应用广泛的开放式现场总线协议,可以利用RS-232或者RS-485进行通信。基本通信



方式是一条通信线路上只能有一个主站控制通信,由主站发出数据请求指令,而子站响应主站的数据请求信号。在一个时刻只能有一个子站响应主站的请求。数据传送采用ASCII码,8位数据位,无校验,1个停止位。每个ModBus数据包由子站地址、功能、数据和错误校验4个部分组成。

子站地址为1个字节,且在1个链路中应当唯一,有效的地址范围为1~247,当所有的子站接收到符合ModBus协议的标准的数据包时,首先检查该数据包的子站地址,若与自己的相吻合,则作处理后返回结果,否则不予响应。

功能码也是一个字节,它指明该指令要求子站执行什么操作



因此,基于MEMS的传感器的应用日益增加,欧洲人参与MEMS的封装已不可避免。

设备生意模型

为了达到更高的制造水平,需要独立的设计公司。在CAD工具领域,大本营在美国的Ansys公司仍然是领头羊,但另外三家公司正在赶上来,一个是法国的Memscap,正在从CAD工具向通讯用组件制造转变,还有美国的Coventor和生产MEMS设备用CAD工具的Intellisense公司。此外,来自欧洲委员会的强大推动力促使独立设计公司出现以与设备公司(英国的AML,瑞典的Acreo,挪威的Sintef)合作,因为小型企业参与MEMS组件

的生产在目前仍是一个问题。

一个MEMS制造商总会归入下列范畴之一:

1、大量应用的标准产品制造商(Bosch, STMicroelectronics, SensoNor);

2、集成设备的系统制造商(Thal Avionics),这些公司为他们集团内部的用户制造设备;

3、开放设备(Colybris, Tronic的微系统, PHS MEMS),这些公司根据外部用户提供的指标开发和生产MEMS;

4、使用外面生产设备的Fabless设计公司(AML)。

过去5年欧洲的MEMS生意模型围绕以下项目开展:

1、重新关注主要业务。一些公司,例如Sagem,卖了他们的MEMS部分,将精力集中在主要业务(系统制造商)。

2、主要从微电子学分支的大批量市场标准产品开发(喷墨打印头,气囊加速度表)(STMicroelectronics)。

3、模块或系统制造商获得战略性技术,特别在光纤通信和DNA分析领域(一种北美现象,如Corning的Intellisense和JDS-Uniphase的Cronos),系统制造商得到关键技术

和专利。

4、开放设备的出现(Tronic的微系统),由满足用户成本要求和质量服务而开始特定生产的开发项目发展而来。

5、设计和模拟工具的提供。紧接着部件的制造,出现了许多公司(如Memscap),以便促进MEMS的设计和模拟,或确保MEMS设计独立于(但是在接触)某一设备。

MEMS的未来

MEMS已经是一个几百亿美元的市场,根据Yole Development的预测和Nexus公司的市场调查,全世界MEMS市场在2004年肯定超过500亿美元(年增长率为25%)。该数字与广泛的应用联系在一起,可以确定MEMS的应用已经覆盖70多个不同的领域。

今天,市场驱动力主要来自于汽车工业、电信领域(MEMS是能满足未来的全光网络需要的一个解决方案,而无线电信市场是射频MEMS的一个机会)和生物医学的应用(DNA芯片、生物芯片和微流量计部件)。在2000年,有13家新的MEMS公司成立,目的在于抢占通讯和生物医学市场。■

41 (设置参数,读数据等)。相类似,响应数据包告知主站已经完成了什么操作。

数据长度视指令功能而定,一般而言,数据按照16位或32位模式组织。在16位模式下,寄存器的高位字节在前,低位字节在后;在32位模式下,高位字在前,低位字在后。

错误校验采用CRC-16检验方

式,该校验极为普遍,这里不作详述。

很好的效果。■

结语

本文介绍的设计方案由于采用了MSP430F149单片机,其丰富的片上外围功能模块使得外围电路大大简化,从而降低了成本,提高了运行可靠性。该设计已经应用于电力系统监控仪的更新换代,实际运行中取得了

参考文献

- 1 潘卫江,胡大可,新一代超低功耗单片机:MSP430F13X/F14X系列,单片机与嵌入式系统应用,2001(3)
- 2 刘峻峰,李雪铃,基于单片机的电力监控系统交流采样技术的实现,单片机与嵌入式系统应用,2001(6)