

文章编号: 1671-1041 (2005)04-0050-02

基于 MSP430 单片机的某大型机电设备智能测试仪器

彭爱平, 郭晓松, 蔡伟, 谭立龙

(第二炮兵工程学院, 西安 710025)

摘要: 为了实现对某大型机电设备的多路模拟量信号和开关量信号的自动测试, 设计了基于 MSP430F149 单片机的智能测试仪器。从硬件和软件两方面, 介绍了信号调理、数据处理、测试结果的显示和通信以及仪器的低功耗和抗干扰的设计及实现方法。该仪器大大缩短了测试时间, 并能方便地对传统仪器不便测试的开关量信号进行测试。

关键词: 大型机电设备; MSP430F149 单片机; 智能仪器; 开关量信号

中图分类号: TP274.5 **文献标志码:** A

Intelligent Testing Instrument for Large-scale Electromechanical Device Based on MSP430 MCU

PENG Ai-ping, GUO Xiao-song, CAI Wei, TAN Li-long
(The Second Artillery Engineering College, Xian 710025)

Abstract: In order to automatically test multi-channel analog signals and switching signals, an intelligent testing instrument based on MSP430F149 MCU is designed. In hardware and software aspects, the design and implementation of signal processing, data processing, result display and communication and the instrument's low power dissipation and interference suppression are introduced. Compared with traditional instruments, this instrument greatly decreases testing time, moreover, it can test switching signals which are hard to test for traditional instruments.

Key words: large-scale electromechanical device; MSP430F149 MCU; intelligent instrument; switching signal

1 引言

在某大型机电设备中有大量的模拟量信号和开关量信号, 对这些信号的快速、准确的测试, 对缩短设备启动准备时间, 特别是及时发现设备故障有着重要的意义。原有测试方法采用传统测试仪器进行测量, 所需仪器种类和数量多, 仪器体积和重量大, 且分散在各处, 因而占用空间大, 测试时间长, 且不利于观测。加上传统测试仪器本身的局限性, 为了保证仪器尤其是设备的安全, 对设备中某些信号的测试无法实现, 因而满足不了现场测试的要求。智能仪器可以很好地克服这些缺点。智能仪器是计算机技术与现代测试技术相结合的产物, 是含有微计算机或微处理器的测试仪器, 可以对测量结果进行存储、运算、逻辑判断及自动操作、自动控制 [1]。设计一台智能仪器对这些信号进行测试, 不仅可以简化仪器的硬件结构、减小其体积和功耗、提高其可靠性和灵活性, 而且能提高仪器的自动化程度, 如实现简单人机对话、自动调节量程及输出显示等, 具有速度快、精度高、结构紧凑小巧、低功耗、可靠性高的特点 [2], 且能在保证设备安全的前提下实现对所有信号的测量。该智能测试仪器以 TI 公司生产的 MSP430F149 单片机为核心, 可以对较大范围的模拟量信号和开关量信号进行自动测试, 实现对设备状态的实时监测, 保证了设备的安全和正常运转。

2 仪器硬件组成及原理

收稿日期: 2005-01-28

仪器的硬件结构框图如图 1 所示, 由 MSP430F149 超低功耗单片机、模拟量调理模块、开关量调理模块、显示模块和无线数传模块组成。

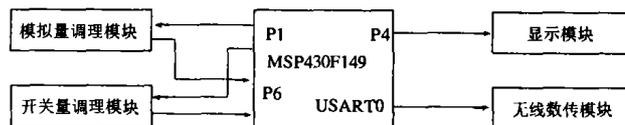


图 1 硬件结构框图

2.1 MSP430F149 超低功耗单片机

(1) MSP430F149 超低功耗单片机的特点

MSP430F149 单片机是美国 TI 公司推出的超低功耗 16 位单片机, 内部有 60KB+256B 的 FLASH, 2KB RAM, 支持在线编程, 10 万次擦写 [3], 其主要特点有: 超低功耗, 并有 5 种低功耗模式, 可使用电池供电; 有丰富的片上外围模块和多种时钟模块; 中断功能强大, 中断可任意嵌套; 开发方式方便高效; 运行环境温度范围为 -40°C ~ $+85^{\circ}\text{C}$, 所设计的产品适合运行于工业环境下 [4]。

(2) 单片机的接口设计

由 MSP430F149 单片机完成 A/D 转换、数据处理、输出显示及与无线数传模块的通信。信号经过调理后, 成为 $0 \sim 2.5\text{V}$ 的直流电压信号, 送入单片机进行 A/D 转换。I/O 口 P6 选择外围模块功能, 作为 ADC 的输入端, ADC 工作在序列通道单次转换模式, 采用 2.5V 的内部参考电压作为转换的基准电压, A/D 转换后的数据经单片机处理后用四个八段数码管显示。ADC 基于逐位逼近技术, 其最大采样速率为 200ksps, 转换精度为 12 位, 包括 1 位差分非线性 (DNL), 1 位积分非线性 (INL)。ADC 内装采样/保持电路, 可选择软件、采样定时器或其他片内定时器来控制采样周期 [4]。单片机采用串行异步通信协议通过 USART 串行口与无线数传模块通信, 由无线数传模块把单片机测得的信号幅值送到工业笔记本 (工业笔记本和另一个无线数传模块连接), 工业笔记本对设备的全部状态进行监测, 判断故障的有无及所处位置。

2.2 模拟量调理模块

(1) 电流-电压转换电路

12 位 ADC 只能对直流电压信号作 A/D 转换, 所以在测电流信号时必须将其转换成电压信号。让电流信号通过已知精密电阻转换成电压信号, 再送入单片机进行测量。

(2) 整流滤波电路

在测量交流电信号时, 需将交流信号转换为稳定的直流信号后再送入 ADC 进行转换。这里采用桥式整流器件 KBPC35-06 进行整流, 再进行 Π 形滤波, 从而得到稳定的直流信号。

(3) 量程自动切换电路

由于设备中有些信号在测试时幅值变化较大, 在 A/D 转换前必须对信号进行适当的放大 (或缩小), 使放大 (或缩小) 后的值尽量靠近满量程, 从而提高信噪比, 减小测量误差, 对于弱信号采取这种措施尤其必要。根据设备信号的变化范围, 设置四个量程: 0.01, 0.1, 1, 10, 测量范围为几十毫伏到 250 伏, 涵盖了所有信号幅值。

图 2 为单信号通道的多量程控制框图。放大器的量程由程序选择, 通过四路模拟开关 ADG611 切换运放的同相输入端电阻来改变

放大电路的增益,四个稳压二极管 2CW11 用于防止信号较大时烧坏模拟开关。单片机的量程设定子程序将地址代码经输出口送到锁存器,再送到多路模拟开关选择量程。模拟开关有先通后断的特性,避免了运放形成开环导致运放烧坏的可能。电路在切换时改变了同相端的输入电阻,使运放的两个输入端失去对称性,在引起失调、造成零漂的同时,还会引入共模干扰,这对弱信号的影响不能忽略。在设计时采取了两个措施解决这个问题:一方面,采用低噪声高精度运算放大器 MAX410;另一方面,在放大电路中通过电阻的匹配,使 $R_2/R_3 \approx R_1/R_F$,即在用 $\times 10$ 量程对弱信号进行放大时(此时 K4 闭合),使两输入端电阻对称,从而减小零漂,消除失调。

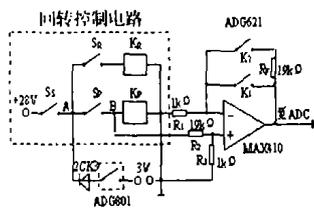
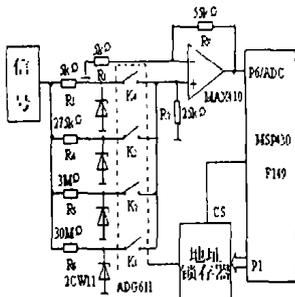


图2 量程自动切换框图

图3 回转控制电路控制开关状态测试原理

2.3 开关量调理模块

开关量测试电路的设计因开关量的位置而异,有的测试电路自身必须包含电源。下面以该设备中较典型的回转控制电路为例介绍开关量测试电路的设计。如图3所示,SS是28V电源开关,SP和SR分别是正转和反转控制开关,KP和KR分别是正转和反转继电器线圈,通过开关的通断控制继电器线圈的得失电,从而控制正反转电磁阀的工作状态。在控制开关和继电器线圈两端加一小电压(单片机的工作电源,为3V),这样既能对开关状态进行测试,又不会损坏设备。开关二极管2CK3和模拟开关ADG801用于防止SS合上时28V电源烧坏单片机。通过测试SP两端的电压UA、UB来测试开关的状态。先用模拟量测试电路测试UA,据此来判断SS的状态。当UA=28V时,表明SS合上,此时断开模拟开关ADG801;当UA=0V时,表明SS断开,此时合上ADG801,用3V电源来测试SP的状态。需要说明的是,当SS断开,SP合上时,3V电源经过二极管后,加在继电器线圈上的电压只有约2.3V,虽然继电器线圈里有电流通过,但不足以改变继电器开关的状态。这样既能测得控制开关的状态,又不会产生误动作,保证了设备的安全。开关量测试的量程自动切换电路的原理和模拟量测试相似,它有两个量程:0.05和1。对控制开关SR的测试方法与SP相同。

2.4 显示及通信模块

由四个八段数码管实时显示测试信号的大小,由无线数传模块在单片机和工业笔记本之间传输测试数据和控制信号。无线数传模块采用深圳泰达鑫公司生产的TDX系列,其传输速率、工作频段和发射功率都可选,接收、发送一体,接口电平可选择TTL电平、RS232电平或RS485电平,工作温度范围为-20℃~+60℃,且稳定性好。

3 仪器软件设计

仪器的软件用C语言编写,采用模块化结构设计,包括A/D转换模块、量程自动设定模块、数值处理模块、显示模块、通信模块等,其主程序框图如图4所示。

MSP430F149 外围模块初始化设置为:基础时钟模块中 ACLK 采用 LFXT1 振荡器的 32768Hz 的钟表晶振, MCLK 和 SMCLK 由 DCO 振荡器产生;选择 P6 口的外围模块功能,作为 ADC 的输入端; WDT 设置为定时器模式。量程自动设定子程序的程序框图

如图5所示。数值处理模块将A/D转换的结果进行处理,换算成四位十进制数值,供下一步显示和通信。显示程序采用动态显示的方将转换结果送至四个八段数码管进行显示。

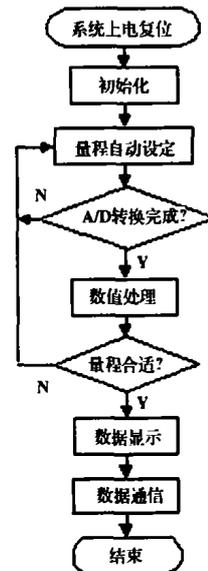


图4 主程序框图

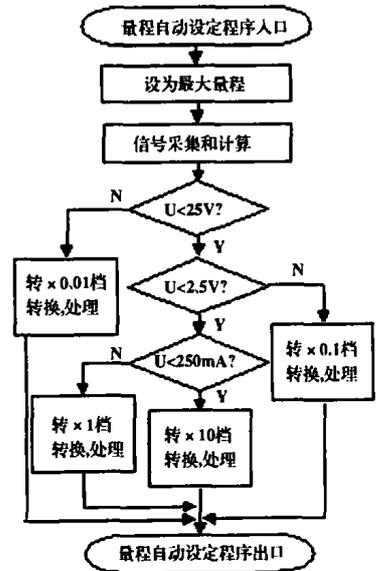


图5 量程自动设定子程序框图

4 仪器的低功耗和抗干扰设计

应用MSP430单片机很好地实现了仪器的低功耗。通过关闭不用的单片机外围模块和设置单片机的低功耗模式,大大降低了仪器的功耗。为了消除仪器所在的大型机电设备中各种电子电器设备引入的周期性和随机性干扰信号,采用了硬件抗干扰和软件抗干扰两种方法。硬件方面,信号采用屏蔽电缆传输,所有要接地的信号采取一点集中接地,以及前面提到的在量程自动切换电路中使用高精度运放等做法,都可以减弱或消除干扰信号。软件方面,在数值处理程序中采取了粗大误差剔除和高阶软件滤波的方法减小随机误差。根据莱以特准则[5],对n个采样值 $U_i(i=1,2,\dots,n)$ 求均值 μ 和方差 σ^2 ,当残差 $|U_i - \mu| > 3\sigma$ 时,剔除 U_i ,用剩余的采样值的平均值作为有效平均值。这种方法简单、易实现,对明显的脉冲干扰有较好的抑制作用。

5 结束语

对某大型机电设备的现场测试表明,该智能仪器具有很好的实时性和测试精度,扩展性好,较传统测试设备有很大的优越性。由于采用了MSP430F149单片机,其丰富的片上外围模块和超低功耗特性大大简化了仪器的外围电路,使得仪器可以使用电池供电且单块电池工作时间长,从而减小了仪器的体积,降低了成本,充分保证了仪器的可靠性。●

参考文献

- [1] 杨欣荣. 智能仪器原理、设计与发展. 长沙: 中南大学出版社, 2003.
- [2] 孙亚飞, 陈仁文, 周勇, 龚海燕. 测试仪器发展概述. 仪器仪表学报, 2003, 24(5): 480-482
- [3] MSP430x1xx Family User's Guide. TEXAS INSTRUMENTS Mixed Signal Products. 2004.
- [4] 胡大可. MSP430系列FLASH型超低功耗16位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [5] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

作者简介: 彭爱平(1981-),男,湖南益阳人,硕士研究生,研究方向为机电设备状态监测与故障诊断;郭晓松(1959-),男,重庆人,教授,博士生导师,主要研究方向为机电设备自动检测与故障诊断、系统仿真。

作者声明: 自愿将本文稿酬捐为“仪器仪表用户杂志爱心助学基金”