

基于 MSP430 的温室多路数据采集系统

高云, 梁秀英, 王为

(华中农业大学 工程技术学院, 武汉 430070)

摘要: 设计了一种以 MSP430 单片机为核心模块的温室多路数据采集系统, 用以采集温室内的多路环境参数。采用信号调理电路和 MSP430 单片机内部 A/D 转换模块相结合的方式, 实现了从模拟信号到数字信号的采集和转换, 转换精度可达到 10 位。该系统具有结构简单、功耗低、工作稳定和可移植性较强等特点, 可广泛应用于多路模拟信号的数据采集。

关键词: 温室; 数据采集; A/D 转换; 低功耗; MSP430 单片机系统

中图分类号: S625.5*1; S126

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2009)08-0187-04

0 引言

温室环境检测是实现温室智能化控制的一个重要环节^[1]。如何有效地利用传感器技术、自动检测技术、通讯技术和计算机技术, 研制出对温室温度、湿度、光照和二氧化碳浓度等多种环境参数进行检测的智能测控系统, 是农业工程研究者面临的重要课题。

本文设计了一种采用德州仪器(TI)公司的 MSP430F2274 单片机为核心芯片的多路数据采集系统, 用于温室的环境参数(包括温度、湿度、照度等)的测量。该系统能够实现多达 8 路的模拟量信号的循环采集和选择性采集, 并能实现采集数据的存储、显示和与上位计算机的串口通讯的功能。对于 0~5V 的常用模拟量信号(如 XMTD2502 型温度传感器和 HDY66 型空气湿度传感等^[2]输出的信号), 能够进行 10 位的 A/D 转换, 适用于多种模拟信号输出的传感器, 数据采集速度最高可达 200 kb/s。整个系统的硬件具有结构简单、功耗低、成本低和工作稳定的特点。

1 系统的结构和工作原理

1.1 数据采集的原理

在进行数据采集时, 对连续的模拟信号 $X(t)$, 通过一个周期性开闭的采样开关 K (周期为 T_s , 开关关闭时间为 τ) 之后, 在开关输出端输出一串在时间上离散的脉冲信号 $X_s(nT_s)$ 的过程称为采样过程。 $X_s(nT_s)$ 能无失真地恢复为原来信号 $X(t)$ 的条件为: 频谱 $X(f)$ 为有限频谱, 即 $|f| \geq f_c, X(f) = 0, T_s \leq$

$1/2f_c$ ^[3]。

1.2 系统的整体结构

系统的结构如图 1 所示。系统的核心芯片采用 MSP430F2274, 主要电路模块包括模拟信号调理电路、MSP430F2274 单片机系统、RS232 串口通讯电路和 LCD 显示及控制键盘电路。

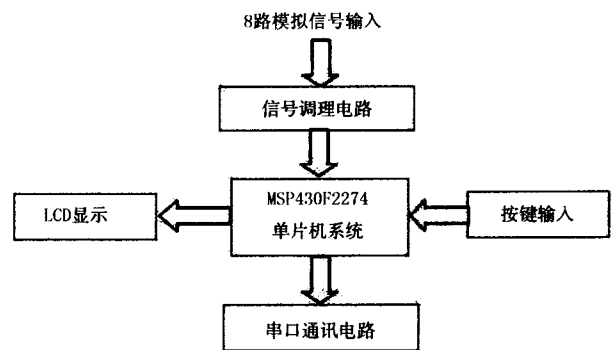


图 1 系统结构框图

Fig. 1 The diagram of system structure

1.3 MSP430F2274 单片机系统

MSP430 单片机是德州仪器(TI)公司推出的一种基于 16 位 RISC 架构的超低功耗工业级混合信号微处理器。本系统中采用的 MSP430F2274 具有 32kB 闪存与 1kB RAM, 能处理大量代码与数据。MSP430F2274 还具备高性能集成式模拟, 如 12 通道的 10 位模数转换器(ADC), 采样速度高达 200 kb/s。其他片上外设还包括两个运算放大器, 支持 UART, SPI, I2C 与 IrDA 通信。它提供 5 种低功耗模式, 能最大化电源稳压器效率, 在不到 $1\mu s$ 的时间内就能从待机模式超快唤醒。

1.4 模拟信号调理电路

由于系统中 MSP430 的 A/D 转换器的参考电压

收稿日期: 2008-10-23

作者简介: 高云(1974-), 女, 湖北鄂州人, 讲师, 在读博士, (E-mail) dongshan@mail.hzau.edu.cn。

设为0~2.5V,需要对0~5V的常用模拟电压信号用分压电路衰减后,经隔离干扰送到A/D转换器进行A/D转换。这里采用LM393集成运算放大器组成的信号处理电路来实现0~5V到0~2.5V的电压变换。电压放大倍数设计为 $A_{uf} = U_o/U_i = 0.5$ 。

1.5 串口通讯电路

MSP430F2274内部包括两个USART通讯模块。USART模块可以实现从任何一种低功耗模式LPMx开始自动工作。所有USART0和USART1都可以实现两种通信方式:UART异步通信和SPI同步通信使用USART通讯模块。波特率发生器的时钟源选择为SMCLK,波特率设置为9600bps。串行收发数据长度选择8位数据模式,采用奇校验^[4]。

采用SP3220芯片实现串口的电平转换。SP3220是一款低功耗的RS232驱动芯片,采用3.3~5.0V的宽电压供电,在低功耗状态下仍然可以接收数据,低功耗电流为1 μ A。

1.6 LCD显示电路及控制键盘电路

采用JHD162A型LCD液晶显示器显示采集到的模拟信号及采集通道号。JHD162A型LCD显示器可显示16 \times 2行字符,5 \times 8点的字符点阵,驱动方式为1/16D。循环采集时,LCD显示器循环显示各模拟信号的数据及对应的通道号。选择性采集时,显示当前通道号及信号数据。

系统设置了3个预设按键,包括“通道选择”按键、“模式设置”按键和“显示屏翻页”按键。系统启动时,ADC默认为循环采集状态,可以通过按下“模式设置”按键使系统在选择采集模式和循环采集模式间进行切换。“通道选择”按键用来设置选择采集模式下采集通道号的选择。采集结束后,在LCD上显示第1路到第4路的电压值。按下“显示屏翻页”按钮,LCD显示切换到第5路到第8路的电压值。

2 数据采集软件设计

2.1 主程序流程

系统的数据采集软件主程序流程如图2所示。单片机系统启动后,先进行系统初始化。初始化操作包括有时钟初始化、I/O端口初始化、LCD初始化、串口初始化、定时器初始化和ADC设置初始化等。默认状态下“ad_cyc”设置为1,系统进入循环采集状态。由于数据采集频率要求不高,系统每隔50ms从“0~7”的8个通道分别采集模拟量信号,进行D/A转换,转换完的数字信号存储到MSP430F2274的FLASH存储器中^[5]。当按下“设置”按键后,系统由循环采集状态

切换到选择采集状态,通过反复按下“通道选择”按键来切换当前需要进行A/D转换的通道号,并进行该通道信号的A/D转换。

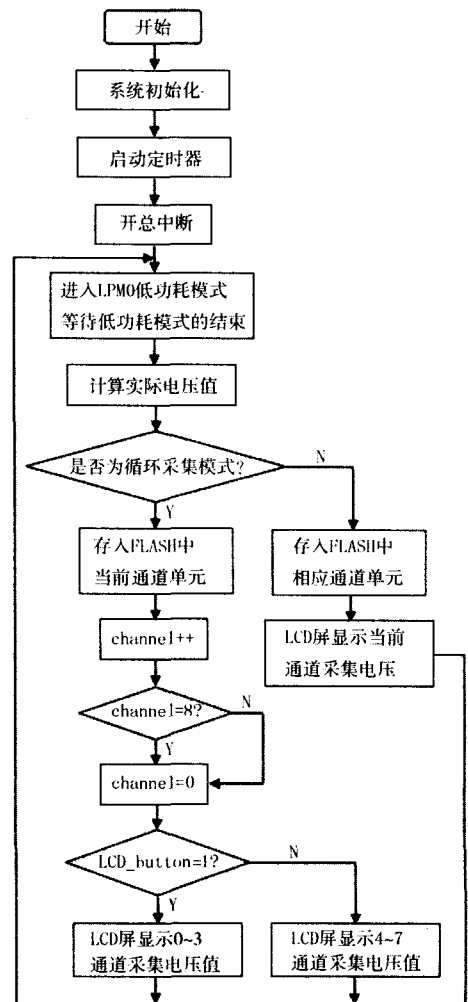


图2 采集软件主程序流程

Fig.2 The diagram of main software for sampling

2.2 A/D转换

MSP430F2274单片机中具有12路、10位的模数转换模块,8路外部通道与4位内部通道,通过A0~A7实现外部8路模拟信号输入。在ADC设置初始化程序中,设置ADC10模块的 V_{R+} 的参考电压为内部+2.5V, V_{R-} 为地。设定采样保持时间为64个ADC10CLK,使能ADC10中断。

当“ad_cyc=1”时,系统为循环采集模式,定时器A启动为增计数模式,每50ms启动ADC10模块执行一次AD转换,同时把当前通道号“channel”设置为下一通道。转换结果的数据经过运算后,存储在单片机内的32k FLASH存储空间中。

当“ad_cyc=0”时,系统进入选择性采集模式,通过按下“设置”按钮切换当前选择的通道号,并将通道号存储在“channel”变量中,其中默认的通道号为“0”。

定时器 A 启动为增计数模式,每 50ms 启动 ADC10 模块执行一次 AD 转换。转换结果的数据经过运算后存储在单片机内的 FLASH 存储空间中。当需要向上位计算机传输数据时,从 FLASH 中读取数据,并通过串口传给上位机。

2.3 数据的存取

MSP430F2274 单片机的 FLASH 存储空间为 32kB + 256byte。经过运算后的数据要写入 FLASH,必须先擦除相应的段。对于 FLASH 存储器的擦除,必须是整段地进行,可以一段一段地擦除,也可以多段一起擦除^[6]。选择 SMCLK 作为 FLASH 的实钟源,20 分频,即 400Hz。通过“erase_flash”子程序擦除后,各位为 1。启动写子程序“write_flash”,向 FLASH 内写入数据信息,段首地址设为 0x1000。在循环采集模式下,使用 8 个存储单元存储循环中 8 个通道的 8 个数据;在选择性采集模式下,选中通道采集计算后的数据存储到 8 个存储单元的相应通道的存储单元。

当上位计算机需要读取数据时,通过串口向 MSP430F2274 单片机发送读取指令。单片机启动“read_flash”读子程序,从 FLASH 存储空间中读取对应通道的数据信息,并通过串口发送到上位计算机。

2.4 低功耗模式

MSP430 F2274 单片机是一个特别强调低功耗的单片机,尤其适用于采用电池供电的长时间工作的场合^[6],从而为温室数据采集系统的便携式的设计提供了可能。MSP430 的工作模式分为 5 种,即 AM 模式和 LPM0 ~ LPM4 模式。其中,AM 模式为活动模式,工作电流大约为 250 μ A;LPM0 ~ LPM4 模式为低功耗模式,LPM0 模式下的工作电流仅为 35 μ A。系统设计中,使用 LPM0 模式来降低系统的硬件功耗。当系统启动完成初始化程序后,CPU 即进入 LPM0 模式下的休眠状态,等待中断触发信号的唤醒。系统在 LPM0 模式下能够将 CPU 唤醒的中断包括定时器中断、A/D 转换中断、串口中断和 I/O 口的外中断。在中断程序中,设置 CPU 进入活动模式,待中断程序完成以后,系统再次进入 LPM0 低功耗模式下运行,等待下一次中断的到来。

3 试验结果分析

在实验室中,通过调节电位器得到 8 组 0 ~ 5V 范围内的不同电压,对每组电压分别进行采集,将显示出来的电压值与优利德 UT58E 型数字万用表测得的实际电压进行对比。在相同测量条件下,采用循环采集模式和选择采集模式分别采集测量值,对每一路的

两个测量值进行对比,观察每路信号在两种情况的采集模式下测量值的差别。同样条件下,对每个通道多次测量,观察每条通道在前后多次测量中值的变化,进而判断系统的稳定性和精确性。部分测量数据如表 1 所示。

表 1 部分电压测量数据

Tab. 1 The part of voltage measuring experimental results

测试通道	循环采集 /V	选择采集 /V	万用表测量值 /V
1	3.049	3.044	3.041
2	2.057	2.063	2.055
3	4.257	4.266	4.252
4	1.710	1.715	1.710
5	0.498	0.498	0.495
6	3.563	3.563	3.561
7	2.434	2.414	2.433
8	2.170	2.145	2.171

从表 1 测得的数据看,相同通道在不同模式下测量的电压值很接近,甚至完全一样。在多次重复实验及显示后,发现两种方式下采集同一个电压值的测量波动很小,可知本系统稳定性较高,但与实际万用表测得的模拟电压值相比较有一些微小的偏差,偏差主要是第 3 位小数部分,故系统精确度可以到达 0.01V 左右。

4 结束语

该系统采用 MSP430F2274 内部的 10 位的 AD 转换模块完成对外部模拟量数据的转换与采集,硬件结构简单,成本低,可靠性高。在软件设计中,充分利用 MSP430F2274 的低功耗模式,降低整个系统的功耗。主数据采集系统在不和上位计算机相连时,能够仅用一块 3V 的氧化银电池工作。

由于 MSP430F2274 共有 32 位的 I/O 口,除去 8 位 I/O 口用作模拟量的输入端口,8 位 I/O 口用作液晶显示等外围电路的控制端口外,其余 16 个 I/O 端口都可以用来扩展为数字信号的测量端。实际上,通过改变软件可以实现总共多达 24 路信号的数据采集,为多路数据的采集提供了方便。

参考文献:

- [1] 彭桂兰,张学军. 温室环境计算机测控技术的研究现状和发展趋势 [J]. 现代化农业, 2002(5): 9 - 119.
- [2] 王贵恩,洪添胜. 屋顶隔热层生态环境多路数据自动采集系统 [J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(2): 108 - 110.

- [3] 马俊, 陈学煌. 基于DSP的多路数据采集系统设计[J]. 电子技术应用, 2007(12):79-85.
- [4] 杨博, 李宛洲. 基于单片机的新型多路数据采集系统[J]. 仪表技术与传感器, 2006(11):45-46.
- [5] 姜玉林, 区颖刚. 基于单片机的田间信息采集系统的设计与实现[J]. 农机化研究, 2006(4):110-113.
- [6] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430系统16位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.

Multi-channel Data Acquisition System in Greenhouse Based on MSP430

Gao Yun, Liang Xiuying, Wang Wei

(College of Engineering and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Designed a kind of multi-channel data acquisition system take MSP430 as the core processing module for the collection of the parameters of the multi-channel environment in greenhouse. And the use of signal conditioning circuit and A/D conversion module of MSP430 achieve the sampling and the converter from analog signal to digital signal, the precision of conversion is up to 10-bit. The system is simple, low-power, stability and highly portable. It can be widely used in multi-channel analog signal acquisition.

Key words: greenhouse; data acquisition; A/D conversion; low-power; MSP430

(上接第149页)

因此,采用皮托管测试法结合图像法探讨了粮食颗粒悬浮速度。

2) 悬浮速度是气力输送起始点速度,本文主要讨论了2000mm高度范围内的悬浮速度。气流速度达到悬浮速度时,颗粒群在整个管道空间内的分布较为均匀。

3) 颗粒的悬浮速度随着其加载量的变化而有些差异。粒径越大,悬浮速度越大;加载量越大,悬浮速度则越小。

参考文献:

- [1] 赵晓根,塔娜,赵卫东. 垂直管内谷物流动特性的测试分析[J]. 内蒙古师范大学学报, 2007, 36(3):304-307.
- [2] 徐丽娜. 小波理论及在滤波、系统辨识与控制中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2007, 26(6):1-6.
- [3] 张志耀,塔娜,秀荣. 基于图像法的谷物流动特性测试分析[J]. 农机化研究, 2008(4):119-122.
- [4] 赵晓根. 谷物颗粒流动特性的试验研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2007.
- [5] 孔珑. 两相流体力学[M]. 北京:高等教育出版社, 2004:86-159.
- [6] 须山启介,清水. 浩. 谷粒群中谷粒悬浮速度的研究[J]. 朱永义,译. 粮食与饲料, 1984(2):51-56.
- [7] 景山,蒋攀亮,胡庆元,等. 垂直稀相气力输送压降特征实验[J]. 过程工程学报, 2001, 1(1):25-29.
- [8] 吕子剑,曹文仲. 不同粒径固体颗粒的悬浮速度计算及测试[J]. 化学工程, 1997, 25(5):42-46.

Abstract ID:1003-188X(2009)08-0147-EA

Experimental Study on Suspension Velocity of Grain in Vertical Pipe

Tana, Xiurong, Zhang Zhiyao

(Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: Experiment in the platform of flow grain system, flow characteristic of different-size particles is obtained. Suspension velocity can be obtained by means of the method of static pressure-drop and the method of projection area-ratio. The kinds of Suspension velocity are closer. Pitot tube test system is high sensitivity, but there is interference with the flow field. Image process is non-contact test means, without interference with flow field, but the sensitivity of the flow field is relatively poor. Different particles, filled with different amount of suspended velocity analysis concluded as follows: the increase of the equivalent diameter, suspending velocity rises; suspending velocity decrease while the filling amount increases.

Key words: grain; vertical pipeline; suspension velocity