

基于 MSP430 单片机的风速、光辐照度同步测试仪

The Device Based on MSP430 Microcontroller for Wind Speed and Light Irradiance Testing Synchronously

左巍 康龙云 曹秉刚 朴顺兰

Zuo,Wei Kang,Longyun Cao,Binggang Piao,Shunlan

摘要: 本文以 TI 公司的新型 16 位低功耗 Flash 型单片机 MSP430F149 为核心, 与光频转换器件 TSL230B 结合, 设计了一种新型的风速、光辐照度的同步测试仪, 应用于风光互补分散电源系统研究中。

关键字: 风速 光辐照度 TSL230B MSP430F149

中图分类号: TP216.1 文献标识码: A

Abstract: This paper introduces the design of new testing device for wind speed and irradiance synchronously. It bases on the combination of new 16 bits low power dissipation Flash microcontroller MSP430F149 made by Texas Instrument and TSL230B which can convert light into frequency, and can be applied in the research of distributed power system

Keywords: wind speed irradiance TSL230B MSP430F149

0 引言

中国幅员辽阔, 西部地区光照充足、风能资源丰富, 研究开发风光互补分散电源对于解决西部边远地区供电有着重要的意义, 也是国务院发展委员会实施的“中国光明工程”中的重要组成部分。在整个风光互补分散电源系统中, 我们需要得到某地区风速、光辐照度的同步数据, 作为当地气象变化的定量指标, 较好的利用风光互补的特性, 对整个风、光互补系统中太阳能电池板功率、风力发电机功率、储能蓄电池容量的选择和设计十分有必要。目前市场上有许多风速计和光辐照度测试仪, 但都不能风、光同时测量, 而且辐照度测试仪成本较高。同时我们所需要的是时间间隔较小的离散风速、光辐照度数据, 现有仪器的测量时间间隔不能满足要求, 因此设计风速、光辐照度同步测量装置, 对整个分散电源的研究具有重要意义。

1 硬件设计

作为系统的控制核心, 选择一款合适的微控制器是非常关键的。本次设计中所要测量的是风速 (模拟量)、风向 (开关量)、及转换成频率的光辐照度信号, 系统要求在野外长时间工作, 机构简单, 便于携带; 单片机的片上功能尽可能完备, 不用扩展系统, 满足所要测量的任务。经过比较, 我们选择了美国德州仪器公司 (TI) 新近开发的 16 位 RISC 指令 MSP430 单片机, 它的突出优点是超低功耗和功能集成, 非常适合在自动信号采集、液晶显示智能化仪器、电池供电便携式装置等领域应用。每种型号资源上稍有差异, 我们选用了该系列中的 F149 型号。

在本次设计中, 测风速选择 MSP430F149 片内 ADC, 利用 TI 公司的光电转换芯片 TSL230B 与单片机定时器 A 捕获功能相结合, 实现风、光同步测量。如图 1 是我们已开发的自动风速、风向、光辐照度测量仪器的框架图, 可以看出系统结构简单、外部设备得到了简化。

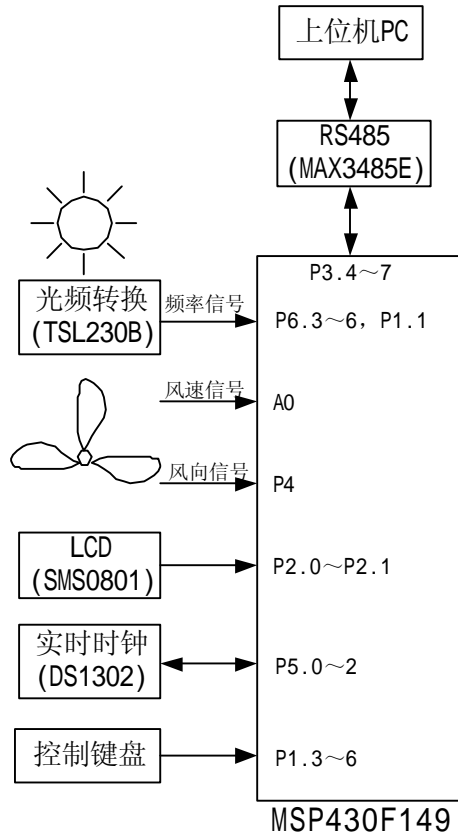


图1 风速、光辐照度测试仪系统的框架图

下面分别介绍各部分的电路原理。

1.1 MSP430F149 单片机的内部结构简介

MSP430F149 的工作电压 1.8~3.6V，有 5 种超低功耗工作模式可以切换到活动模式。常用的是外接普通的 32768KHz 的钟表晶振，所用到的片上外围功能模块主要有：具有捕获/比较功能的 16 位定时器 Timer_A3 和 Timer_B7，可用于事件计数、时序发生、PWM 生成等；48 个 8 位并行 I/O 口，其中 P1 和 P2 具有中断功能；16 通道 12 位逐次逼近型 A/D 转换器 ADC12。MSP430F149 存储空间结构采用“冯—诺依曼”体系，程序存储器（ROM）、数据存储器（RAM）和外围模块由同一组地址和数据总线连接在同一个寻址空间中，寻址空间共 64K。其中 RAM 为 2K，ROM 为 Flash 型，共 60K，分为 120 段，可以在程序中整个擦除也可以分段擦除，在 ROM 可以存放大的数表和数据，给系统开发带来了很大的便利。

1.2 风速风向信号采集单元设计

风速风向传感器由 EL 型电接风速风向仪的感应器部分改造而来，主要技术指标如下：

(1) 测量范围

- a 风速 2—40m/s
- b 风向 16 个方位

(2) 测量误差

- a 指示风速误差的绝对值不大于 $0.5\text{m/s} + 0.05V$ ，V 为指示风速。

b 风向的指示误差不大于正负 $11^{\circ} 15'$.

c 当风速在 1.5m/s 时, 风向标偏离实际风向不大于 10° .

(3) 起动风速不大于 1.5m/s

风速信号由小型同步测速发电机测得, 在进入单片机 ADC 之前, 由如图 2 所示的电路进行调理。由于风速信号为交流正弦电压信号, 幅值较小, 故在前级加半波精密整流放大电路, 利用集成运放的放大作用和深度负反馈克服二极管非线性造成的误差。后级运放将整流后的直流信号再次放大, 得到所需要的电压值进入 ADC, 3.3V 稳压管保护进入 AD 的电压值不宜过高。选择 ADC 通道 A0, 单次转换, 选用内部电压基准 2.5V

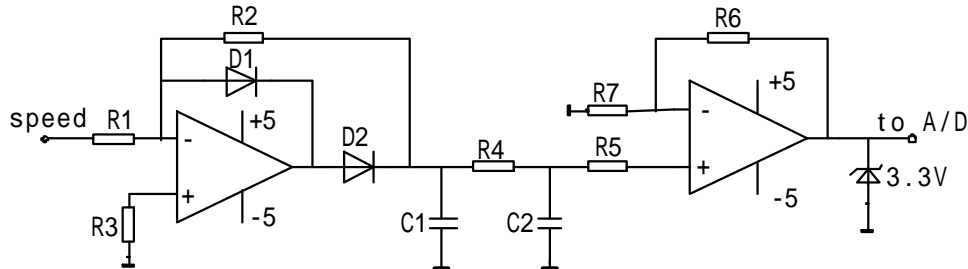


图 2 风速信号调理电路

风向信号为 8 路开关量, 当风标尾翼指向对应的方位时, 该方向对应的电路导通 (有可能两路同时导通, 这样就可以区分出 16 个方位来) 为低电平, 经去抖、反相后与 MSP430F149 的 P4 口相连接, 扫描 P4 口就可以得到当前的风向。

1.3 光辐照度测量单元设计

虽然辐照度随光谱会有很大差异, 作为风光互补分散电源系统来说, 指的是太阳光总的辐照度。在测量太阳光辐照度部分, 选用 TI 公司 TSL230B 芯片。它主要由多晶硅光电二极管和单片 COMS 电流频率集成转换器构成。多晶硅光电二极管对光辐照度信号进行光电转换, 把一定光谱的光转换成电流, 再由电流 / 频率转换器转换成相应的脉冲频率。输出方波或者三角波的频率完全由光辐照度决定, 可编程调整器件的灵敏度及满量程输出频率。分辨率极高, 不受外围元件影响, 可以直接与微控制器连接, 几乎无须外围元件。以下图 3 为 TSL230 与单片机的连接。

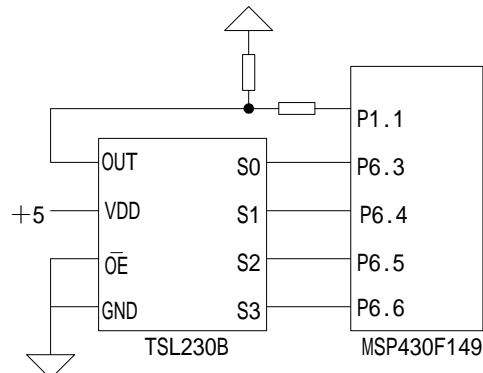


图 3 TSL230B 与 MSP430F149 的接口电路

S0、S1 为灵敏度控制端, 实际上是通过改变芯片上方的感光窗口的面积来改变灵敏度; S2、S3 为满量程选择端; OUT 为频率信号输出, 进入单片机的捕获输入, 程序中选择上升沿捕获有效, 通过计算两次捕获时间内计数器的数值差, 便可以计

算出输出的频率值。得到频率值后，与以下如图 4 所示的频率—能量关系曲线对照，从而得到光辐照度（单位： $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）

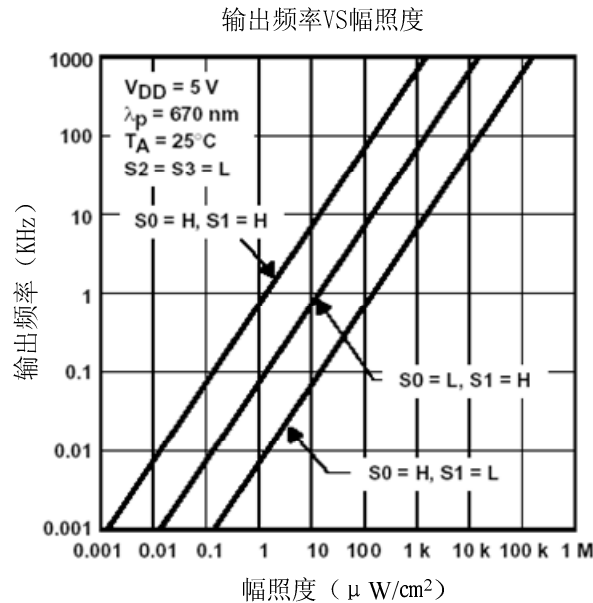


图 4 输出频率—辐照度曲线

1.4 其他辅助模块设计

除了风、光两个主要模块之外，系统中还设计了实时时钟模块，选用 TI 公司的 DS1302 串行时钟芯片，这样每组测量结果便附上了当时的时间，可以记录年、月、日、小时、分、秒、星期。有两个电源 VCC1 和 VCC2，一个为主电源，当仪器上电时工作，另外一个为备份电源，设计中选用一块 3V 的钮扣锂电池。由于有备份电源，系统掉电后时钟芯片仍然能够工作。第一次调试时，向时钟内部写入时间，以后时钟便可以准确计时。

为了便于现场观测，系统中还有控制键盘和液晶显示模块，在电路中加入四个按键，当有键按下时，与之相连的 P1 口引脚电平变低，触发 P1 口中断，在中断服务程序里来实现相应的风速、风向、时间、光辐照度的测量和显示，显示格式为固定小数点，显示芯片为 8 位 SMS0801 段式串行液晶。

利用 MSP430F149 的 USART0 实现串行异步通信，单片机与上位机之间的数据传送经过 RS485 收发器，选用 MAX3485E 芯片，3.3V 低电压供电，半双工。由于 485 为差分平衡方式进行信号传输，因此具有传输距离远、可有效防止噪声信号干扰的特点。由于测试环境为空旷的露天场地，干扰较小，因此传输线选用带有屏蔽层的电缆即可。

1.5 逻辑电平匹配应注意的问题

由于 MSP430F149 为 3.3V 供电，而一些芯片需要 $\pm 5\text{V}$ 供电，因此系统中存在两种工作电压，I/O 口逻辑电平匹配需要特别注意，MSP430F149 的 I/O 电平与 5VTTL 电平兼容，但与 5V 的 COMS 标准器件相连时要仔细分析，当单片机输出驱动 5V 标准 CMOS 器件时常用一些电平移位器件如双电源电平移位器 74LVC4245 或 74LVC07 等来达到电平匹配；当 5VCMOS 电平输出驱动单片机时，可以采用稳压管或电阻分压来保证输入单片机的电压在 3.3V 之内。

2 软件设计

MSP430 系列单片机的程序,使用配套的开发环境 Embedded Workbench 开发,它同时支持汇编语言和 C 语言编程。用汇编编写的代码效率高,但是开发周期长、代码维护困难;而目前单片机的 C 语言开发是比较流行和常用的方法,本次设计中使用 C 语言来开发单片机程序。由于具有 Flash 存储器,利用单片机本身的 JTAG 接口,通过 TI 公司所带的仿真器 FET 可以方便的进行程序调试和代码下载。

在系统的软件设计中,采用模块化设计方法,各模块之间相对独立,这样可以使得程序结构清晰,便于今后进一步扩展系统的功能。系统软件由主程序、定时器 TimerB 中断服务程序、键盘中断服务程序、数据采集处理子程序、实时时钟程序、显示程序、串行通信程序等模块构成。

主程序首先完成系统初始化,然后进入低功耗模式。利用定时器 TimerB 产生一定的定时间隔,通常是 0.1 秒,定时间隔可以根据需要来设定。当定时时间到时,在 TimberB 中断服务程序里置中断标志 FlagTB=1,类似于 Windows 的事件驱动机制。主程序的循环里判断该标志后完成风速、风向信号采集以及频率的捕获,读出当前数据的采集时间,然后置定时器 TimerB 中断标志=0,主程序流程如图 5 所示。

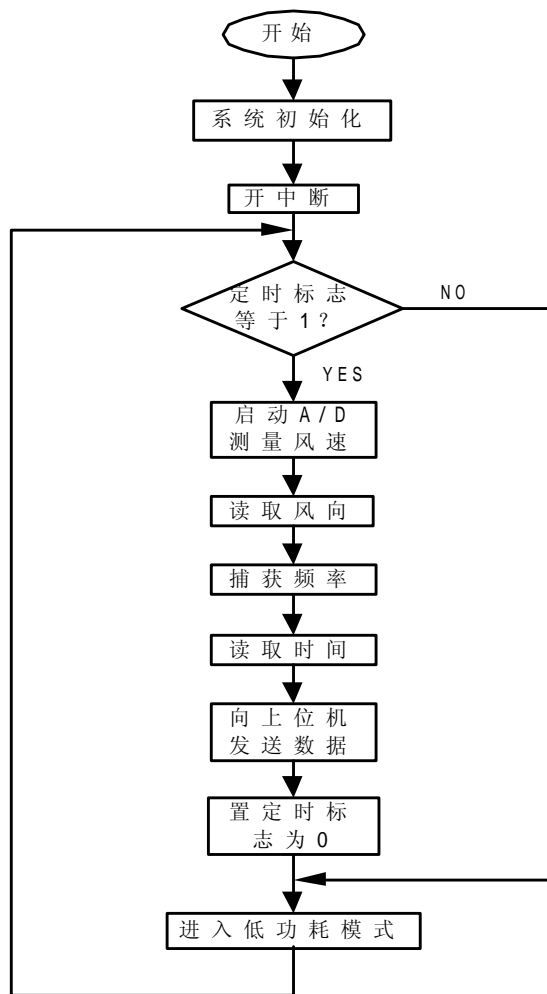


图 5 单片机部分主程序流程

单片机在完成一次采集过程后，将数据包装后向上位机传送。点对点传输，16 进制传送。波特率为 9600，8 位数据位，1 位停止位，无校验。上位机接收程序及用户界面可以有很多种语言选择，本设计用 LabWindows/CVI 编写，它是半图形化的 C 编程开发工具，适用于测试技术、控制技术、虚拟仪器技术及仪器驱动开发。

3 测试结果

利用本文所述的测试装置，在某地测量的瞬时风速和光辐照度曲线如图 6、图 7 所示。测试环境周围 100m 空旷，相邻数据间隔为 0.1s，共 5 分钟。可以看出风速的数据随机性很强，而在 5 分钟内，光辐照度的变化较小。同时也可以看出数据的间隔小，实时性好。

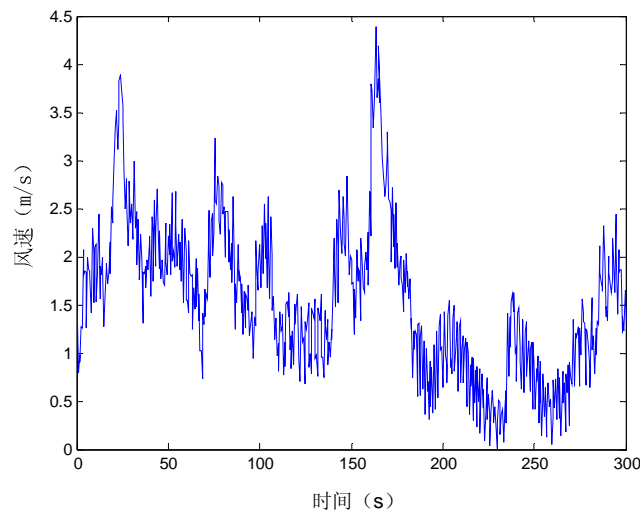


图 6 一组实测风速波形

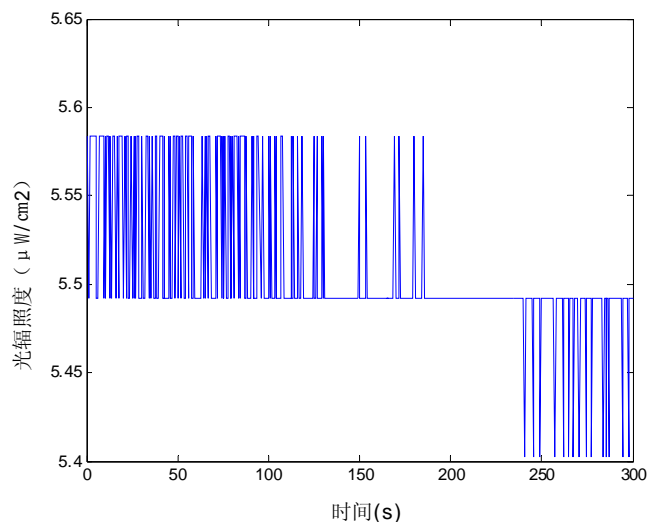


图 7 一组实测光辐照度波形

4 结论

本文所介绍的设计方案，由于采用了 MSP430 系列单片机，其丰富的片上外围模块功能使得整体电路简单，降低了成本；测量装置体积小，适合野外便携工作。

所测得的数据，实时性好，离线时可以分析某地的风能、太阳能分布特征，为风光互补分散电源的设计提供依据；在线时，可以将实时数据作为控制信号直接送到分散电源控制中心，得到对实际情况的完全复现，对于风光互补分散电源的研究有着重要的意义。

参考文献

- [1] 胡大可，MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机，北京：北京航空航天大学出版社，2001
- [2] 魏小龙，MSP430 系列单片机接口技术系统设计实例，北京：北京航空航天大学出版社，2002
- [3] 杨建国，电池供电单片机系统延长使用时间的几点有效措施，电测与仪表，1998（1）
- [4] MSP430 Family Software User's Guide, Texas Instruments, 1994
- [5] TSL230B PROGRAMMABLE LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTERS, Texas Instruments, 1994

作者简介：

左巍，男，1980年4月5日生，汉族，西安交通大学机械电子工程系2001级硕士研究生，主要从事风力发电及分散电源控制系统研究

tel: 029-2665331

E-mail: potatozw@163.com

康龙云，男，1961年生，朝鲜族，副教授，工学博士，研究方向为电力电子和能源变换

通信地址：

(710049 西安交通大学机械电子工程系) 左巍 康龙云 曹秉刚

(300384 天津农学院农业工程系) 朴顺兰