

文章编号: 2096-1618(2018)06-0654-07

手持式低功耗气象数据采集器设计与研究

张东明¹, 马尚昌², 葛永华¹, 孔卫奇³

(1. 浙江省大气探测技术保障中心, 浙江 杭州 310000; 2. 成都信息工程大学, 四川 成都 610225; 3. 成都市城市气象服务中心, 四川 成都 610000)

摘要: 常规气象站观测具有一定的局限性, 为满足现场实时气象要素测量需求, 设计一种手持式低功耗气象要素采集器。采用低功耗微处理器 MSP430, 配置气象要素传感器、定位模块、显示模块等。并从软、硬件设计方面兼顾低功耗。实际测试结果验证了系统的合理性和实用性, 该系统具有精度高、低功耗的特点, 能够满足现场气象数据采集要求, 可运用于环境、交通、农业、建筑施工等领域。

关键词: 气象数据采集; MSP430; 低功耗; 高精度
中图分类号: TN914-34 **文献标志码:** A
doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2018.06.010

0 引言

自 1990 年自动气象站引进中国并投入业务观测, 中国加快了自行研制生产自动站的步伐。为满足生活生产需要, 常规自动气象站具有一定的局限性, 针对发展设计一种小型化、便携式气象数据采集器是十分必要的^[1]。手持式气象数据采集器具有微体积、使用方便等优点, 非常受区域气象站数据观测人员的欢迎。早期手持式气象数据观测仪主要依靠进口, 例如芬兰 VAISALA 的手持式 HM 系列、美国产的 NK 系列手持式气象观测产品。早期产品测量要素较少, 体积较大、供电能力差等不足。随着电子技术的发展, 测量要素增大、续航能力增大等方面^[2]已不能满足需求。中国研究较早的有上海气象仪器仪表厂生产的 RE 型号便携式气象数据采集仪, 在中国市场占有一定份额。该设计手持式气象数据采集器改进方面总结如下几个方面: 第一, 更加趋于小型智能化, 程序设计有休眠模式; 第二, 增加定位模块电路; 第三, 设计太阳能板充电电路, 充电方便; 设计的手持式气象数据采集器经过实验室及场外测试, 达到气象观测业务应用的目的, 仪器指标满足气象测量技术标准。

1 采集器设计

1.1 采集器功能需求分析及设计

采集器满足一定功能需求, 接下来将从软、硬件方面来分析^[3]。硬件方面: 首先, 具备多种气象要素测

量传感器并且测量数据在误差内; 其次, 考虑该仪器应用环境, 供电充电接口, 微处理器采用较低功耗; 最后, 采用太阳能板充电, 获取测量数据位置信息。软件方面: 首先, 为提高测量准确性, 具有数据订正处理功能; 其次, 具有休眠功能, 以降低功耗; 最后, 遇故障重启功能, 以便及时恢复^[4-5]。

气象数据采集器的微处理控制器采用 TI 公司生产的 MSP430, 掉电工作模式耗电为 0.1 μA , 250 $\mu\text{A}/1\text{MIPS}$, 具有超低功耗, 等待模式耗电为 0.8 μA , 时钟唤醒时间 < 6 μS , 处理器具有超强的处理及计算能力。MSP430 单片机具有工作稳定度高、超高性能的模拟技术、开发环境高效等特点^[7]。系统采用 MSP4305438A, 其主要参数见表 1, 在无高级处理器及操作系统的情况下, 完全能满足工程需求, 其 MCU 指标对应的参数如表 1 所示。

表 1 MCU 指标

指标	参数
供电电压范围	1.8 ~ 3.6 V
低功耗模式	4 种
时钟唤醒时间	≤ 5 ms
电源管理系统	4 种电源管理模式
时钟系统	5 种时钟源
通用串行通信接口	4 种
A/D	12 位
硬件乘法器	支持 32 位
DMA	3 个内部通道
L/O	100
RAM	16 KB
Flash Memory1	256 KB+512 B

该手持设备采用 MSP430 作为处理控制器,且均采用小封装的气象要素传感器。在保证测量数据的准确性前提下,实现现场实时气象数据采集、保存、处理、显示的微小系统,并具有定位校时 GPS 模块。由于设备长期野外进行气象数据采集,因此获取准确地点的常规要素数据是必要的。

手持低功耗数据采集器系统电路由微处理器(MCU)、气象数据采集传感器、GPS 定位模块、显示屏、电源供电电路、姿态监测等部分构成。电路设计结构具有可扩展功能,结构满足设计要求,MSP430F5438A 处理器按照设定程序完成各气象要素的采集工作,并且对其进行数据指控运算,完成数据的存储及传输等大量工作^[8];当在野外特定地点获取气象数据时,通过 GPS 模

块准确获取该地点的位置信息;姿态监控信息由电路中电子罗盘获得采集器姿态。采用 MPPT 控制方式进行太阳能充电控制,提高采集设备的连续工作时间。

主电源为 12 V 可充电的锂电池,辅助供电电路中预留有外置太阳能板充电供电接口,当短时间获取多气象要素数据,自带电池完全可以满足手持采集系统正常允许所需电能。较长时间在野外采集时,通过外接太阳能板给锂电池充电。为了在使用过程中能够监测设备电压值,手持设备系统配备电压比较器(TLV3401),在电压低于或高于正常范围值时,系统关掉其电源。通过对设备的主要模块和芯片进行独立供电,以达到当设备各模块部分不在运行工作时,为系统节约能耗^[9]。

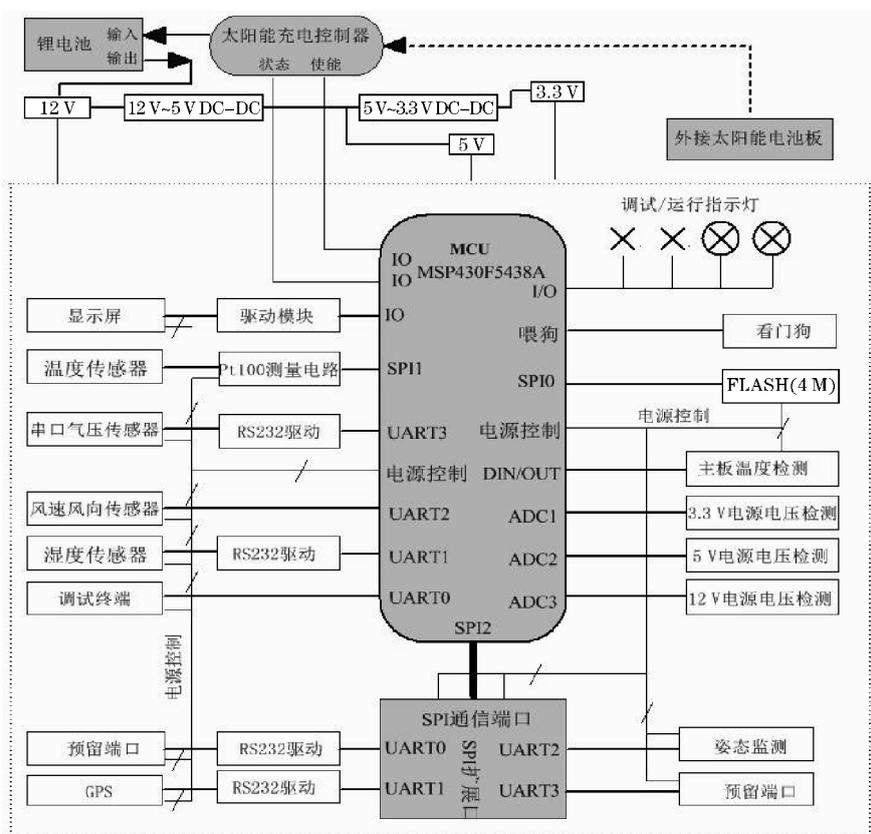


图1 采集器电路结构图

1.2 电源电路设计

为了满足采集器、通信模块、各种传感器及其他外围模块电路所需电压,系统通过高效率的电压 DC-DC 转换电路,设计二次电压技术为手持采集系统提供不同工作电压值。12 V 电压通过 MP2359 芯片高效的直流降压转换器转换为 5 V 电压源,为多种传感器提供工作电压。再通过 TPS62203 将 5 V 电压转换 3.3 V 为 MCU 供电。电压转换控制电路原理图如图 2 所示。

1.3 温湿度采集电路接口设计

温度传感器应用的是 PT100 铂电阻,该传感器也是气象业务中常用的,通过测量其电阻阻值可以得到当前温度值。由于获取的电阻值是模拟信号,测量电路采用的 AD 是高精度的 AD7792 转换器,其具有低功耗、低噪声等优点,完全满足测量需求。温湿度采集模块中采用一种湿敏电容式传感器,其中 HMP45D 输出 0~1 V 的电压信号,模数转换器使用的参考电压是其内部的 1.17 V 参考电压。其电路原理图如图 3 所示。

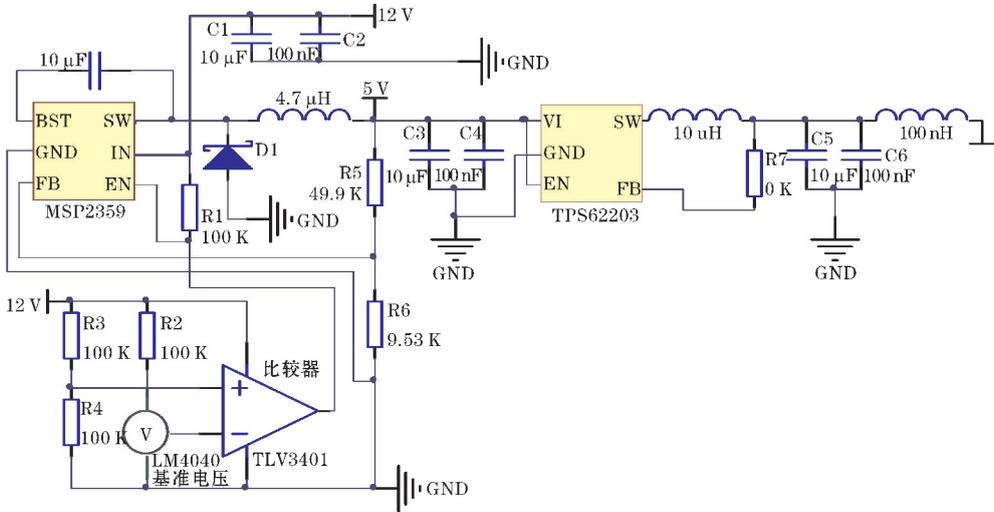


图2 电压转换电路原理图

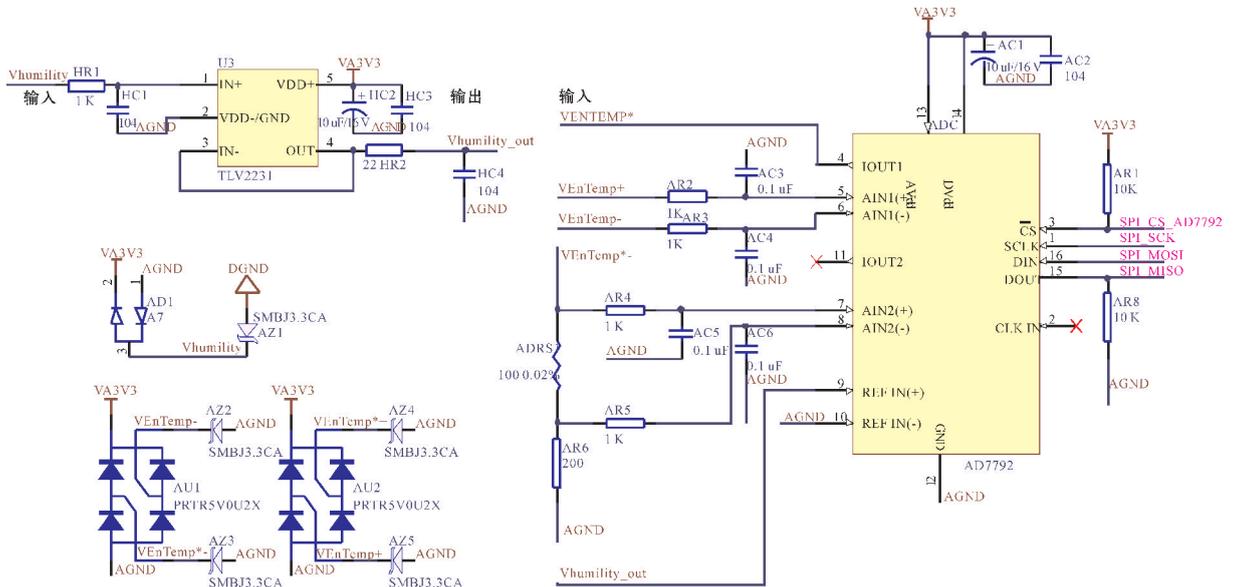


图3 温湿度测量电路

1.4 风及气压采集电路接口设计

风传感器采用的是微型化数字传感器,系统将传感器输出的信号通过串口接入设计电路中。通过TPS27081A芯片来控制微型测风仪主电源的开关,其被MSP430处理器程序控制,微型测风仪采用的是ASD18WD01,内部通过T、R两个端口与MSP430的UART2相互传输。其结构框图如图4所示。

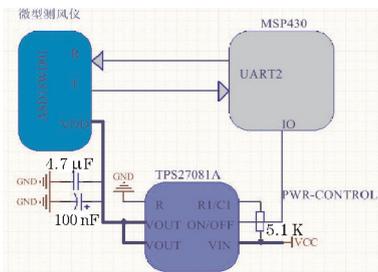


图4 测风电路框图

1.5 气压采集电路接口设计

气压测量采集电路连接一般有两种方式,串口通信方式和SPI通信方式,串口通信方式用于接受串口数据输出的气压传感器,项目采用SPI通信来接收SPI输出的气压传感器^[10],气压测量电路原理如图5所示。

1.6 定位模块电路接口设计

电路中采用低功耗、小体积的L70-R型号GPS定位模块,同时GPS模块为采集控制器提供标准校时。GPS模块L70-R具有串口数据输出,可直接与扩展串口通信,该GPS模块需要热启动,由BAT1纽扣电池提供热启动电压^[7],手持低功耗气象采集器电定位模块电路原理图如图6所示。

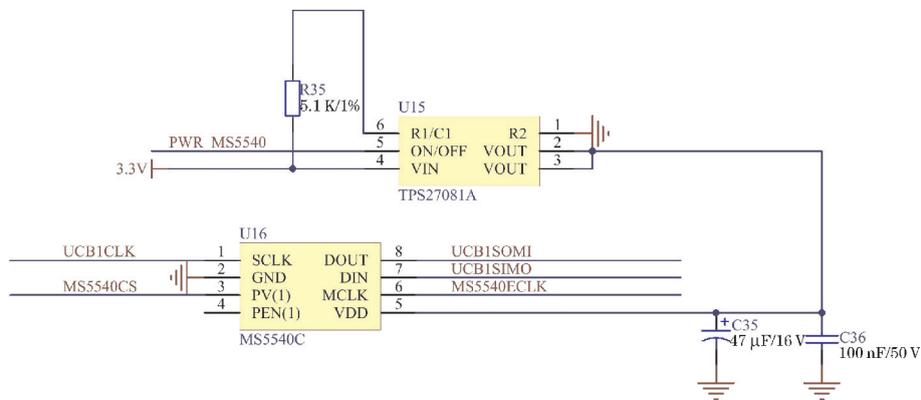


图 5 气压测量电路原理图

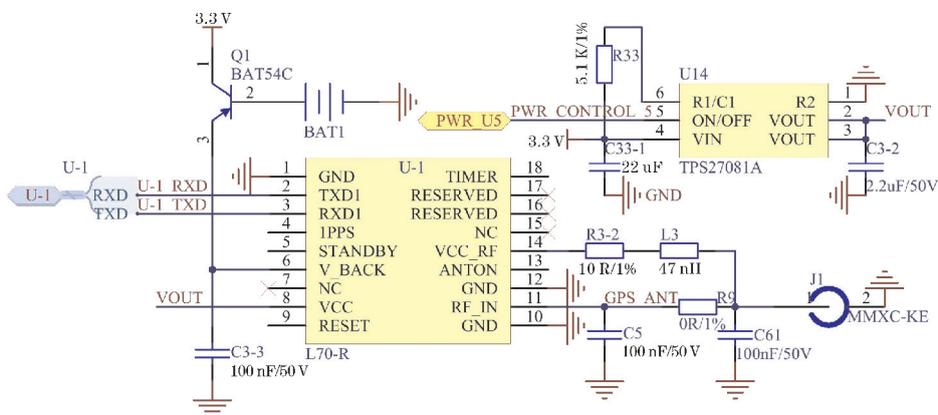


图 6 定位模块电路原理图

1.7 显示电路接口设计

气象要素显示采用 LCD 屏显示采集到的气象数据值, LCD 屏由 XPT2046 模块完成驱动工作^[11], 其工

作电压范围为 2.2 ~ 5.25 V, 采用 SPI3 线控制通信接口, 支持 1.5 ~ 5.25 V 的数字 IO 口, 如下显示电路原理图满足该采集器应用需求。

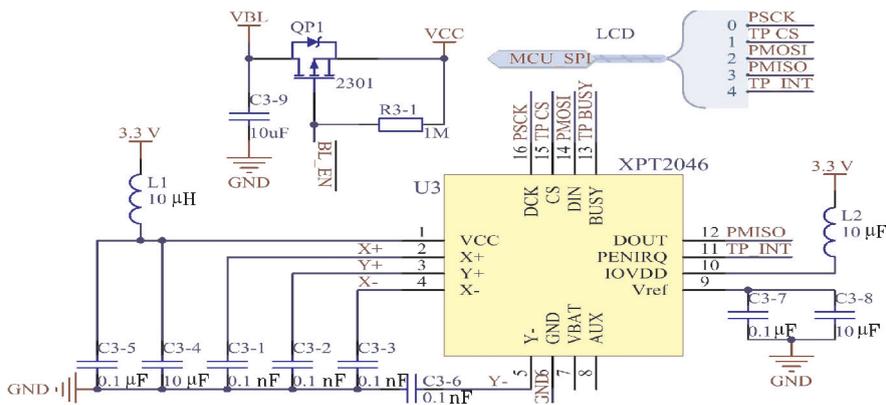


图 7 LCD 显示电路原理图

2 采集器程序设计

手持低功耗气象数据采集器程序设计包含主循环及设备初始化^[12]。初始化主要涉及程序的参数配置、微控制单元的初始化状态、观测要素测量及状态检测

等初始化处理。主循环中包括各种循环查询处理, 其中包括“时间事件”处理、串口接收数据处理、“操作事件”处理及所有处理完成转入低功耗模式 (LMP3) 等工作; 当系统无数据采集时, 通过程序设置, 使硬件资源进入低功耗模式, 降低能耗, 增加采集器运行时间。程序控制方面采用了“以事件驱动”的控制方式^[13]。

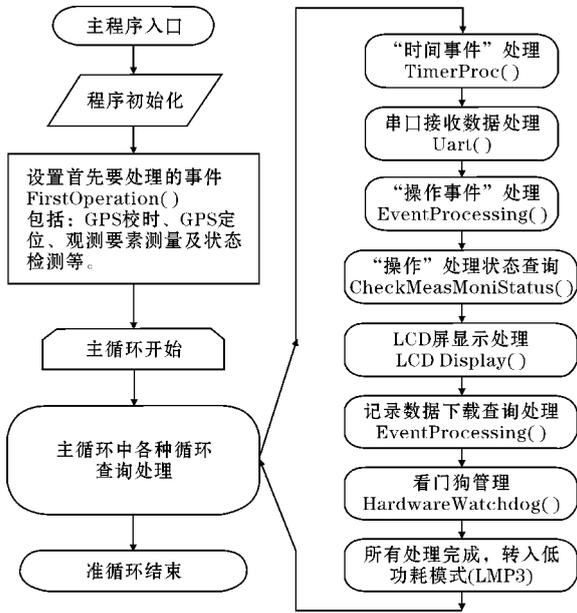


图8 主程序流程图

程序时序控制机制运用微控制单元的内部定时器,主定时器1 ms中断 Timer0_A0()。经由1 ms的中断计时为单位,组合成一定时间间隔的时间事件,其中包括气温数据采集事件、气压数据采集事件、设置电源

开启事件、各种气象要素监测等事件。主循环查询各种事件处理事件^[14],串口接收中断处理,分别开启各气象要素的测量,并且控制结束其采集操作。时序控制机制如图9所示。

3 试验与结果

项目完成手持低功耗气象数据采集器硬件的设计及软件的开发工作,在实验室环境下搭建设备试验平台,接下来将测试测量的精度,实验测试在标准试验箱条件下进行,通过预置试验箱中环境各点数据值,准检测仪器置于标准试验箱中,将标准仪器获取的数据与采集器获取的数据进行对比分析,可以获得各采集参数精度误差。姿态数据来源于电子罗盘,应用过程中只是了解大致方位。整体测试平台包括风仪自动装置检测、气压标准发生仪检测、恒温恒湿箱的检测,分别测试手持低功耗气象数据采集器在不同环境下的使用情况 & 精度分析。微处理采集器的各项数据是通过读取 LCD 或者串口传输来获得的,实验测试框图如图10所示。

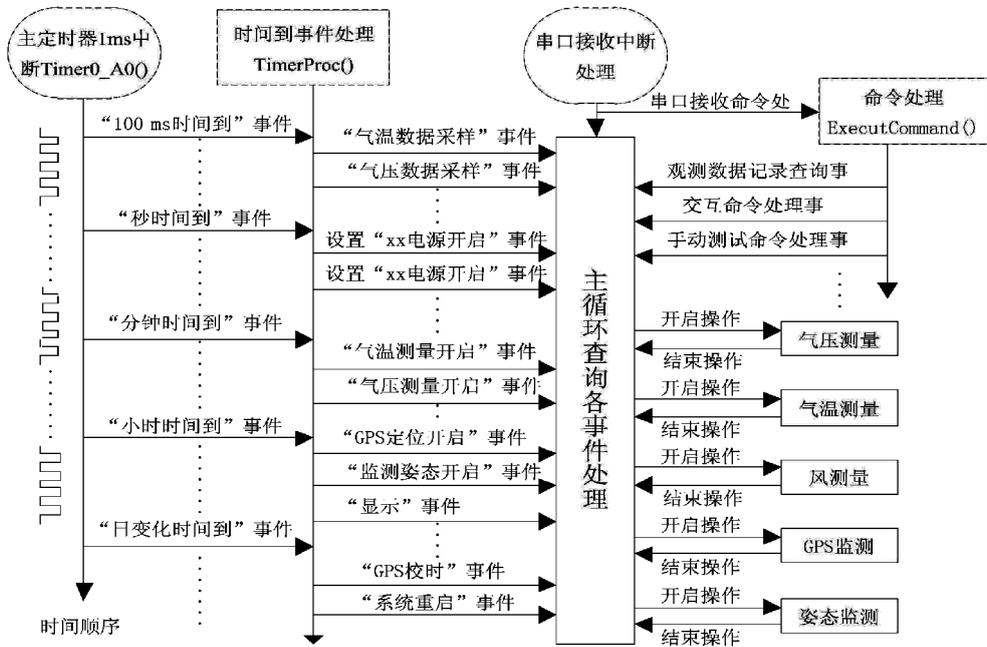


图9 程序时序控制机制

3.1 数据采集结果

数据采集是由 C#编写的特定串口接收软件实现读取测量数据及整体数据显示,调试端口主要是用于手持低功耗采集器应用前期的调试及数据订正处理方

面。通过同标准器对比说明气象采集数据最大允许误差满足地面气象观测指导书要求^[15]。手持低功耗气象数据采集器测量数据情况见表2。测量要素包括气温、气压、风速、风向、湿度、姿态等数据,误差范围满足地面气象仪器观测方法指南最大允许误差。

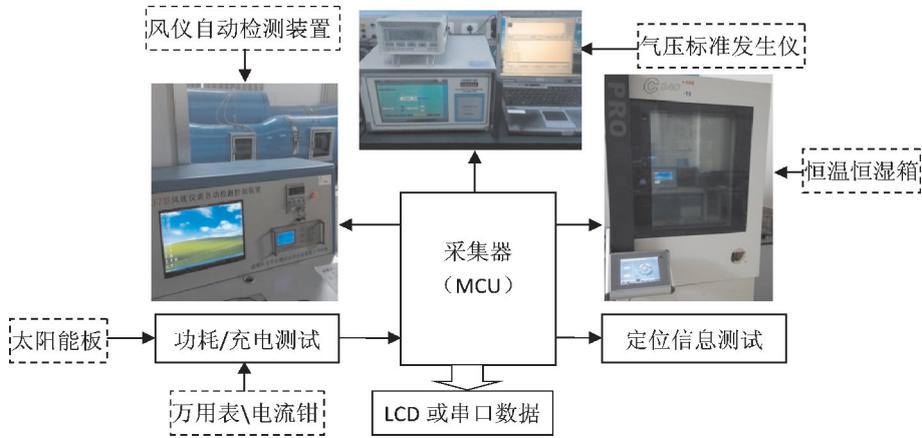


图 10 测试环境总体框图

表 2 数据测量情况

测量要素	测量范围	测定值	实际值	地面气象仪器观测方法指南最大允许误差
气温	-50 ℃ ~ 80 ℃	30 ℃	30 ℃	±0.1 ℃
气压	800 ~ 1100 hPa	987 hPa	986 hPa	±1 hPa
风速	0.5 ~ 60 m/s	3 m/s	2.8 m/s	±0.5 m/s
风向	0° ~ 360°	3°	4°	±15°
湿度	5% ~ 100% RH	78% RH	76% RH	±3% RH
定位数据	/	/	/	/
姿态	0° ~ 360°	123°	128°	/

3.2 耗电测试

为了准确测量各部件耗电情况,采用高精度数字直流电源,设定供电电压12 V,通过串口调试助手,输入系统交互命令,控制关闭所有外部部件电源(MCU 单元电

流),依次单独打开某部件电源开关,记录其电流,各部件耗电电流见表 3,其中包括部件功耗、每小时工作时长、每日平均功耗,并且获得日功耗总和为0.3358 AH。采用电池供电原因是为了满足野外太阳能板充电需求,太阳能板充电供电有效延长采集器续航的时长^[16]。

表 3 各部件耗电情况

部件名称	部件功耗/mA	每小时工作时长/s	每日平均功耗/AH	10 AH 电池连续工作天数/d
MCU 单元	5	3600	0.12	
FLASH 存储器	1	3600	0.024	
RS232 驱动	1 号	1	3600	0.024
	2 号	1	3600	0.024
主板温度测量	1	3600	0.024	
温度测量组件	1	3600	0.024	
气压测量	外置传感器	10	60	0.04
	板载组件	10	320	0.021
风传感器	2	360	0.0048	
GPS 检测	外部模块	48	120	0.038
	板载组件	20	155	0.021
日功耗总和			0.3358	29.78

4 结束语

设计研究了一种基于 MSP430 手持低功耗气象数

据采集系统,重点介绍各硬件模块工作原理和软件设计流程,针对野外气象要素测量需要设计一种实时性能好、采集精度高、续航能力场、显示存储方便及易扩展的采集器尤为重要。证明了基于 MSP430 设计的实

时气象数据手持采集器满足了上述的要求,在数据的精确采集及软硬件的扩展方面得到兼顾,可以实现气象要素微传感器即插即用的效果。此手持式低功耗气象数据采集器具有体积小、功耗低、使用携带方便,对于现场施工测量、安装大型气象设备不变的地点来说实用性价值不言而喻。

参考文献:

- [1] 赵瑞金. 便携式气象站[P]. 中国:CN202119930U. 2012.
- [2] 王柏林,花卫东,阳艳红. 便携式自动气象站结构与功能设计[J]. 气象与环境科学, 2013, 36(4):79-83.
- [3] 刘春辉,张颖超,许超. 自动气象站数据采集器的设计[J]. 电子技术应用, 2014, 40(6):36-38.
- [4] 王勃. 自动气象站数据通信系统设计研究[J]. 中国农业信息, 2011(11):133, 164.
- [5] 张一波,行鸿彦,徐伟. 模块化多通道通用气象数据采集系统设计[J]. 中国测试, 2016, 42(8):68-72.
- [6] 葛亦斌,罗维,盛蒙蒙,等. 浅析msp430与51单片机的特点[J]. 科技传播, 2009(3):44.
- [7] 严学阳,杨笔锋,马尚昌. 基于MSP430气象水文漂流浮标采集器的硬件设计[J]. 成都信息工程学院学报, 2017, 32(1):28-34.
- [8] 孔卫奇,杨志勇,马尚昌. 基于MSP430海洋气象漂流浮标采集器的程序设计[J]. 成都信息工程学院学报, 2016(3):265-270.
- [9] 袁汶雯,高锋,陈隆. 水表集抄系统的低功耗设计[J]. 电子技术应用, 2002, 28(10):38-40.
- [10] 唐军,罗德雄,杜秀君. 基于PT100温度测量系统设计[J]. 电子测试, 2016(9):29-30.
- [11] 刘春辉. 低功耗自动气象站数据采集器的研究与设计[D]. 南京:南京信息工程大学, 2015.
- [12] 周晓倩,马孝义,陈磊,等. 一种气象数据监测系统的设计[J]. 电子技术应用, 2014, 40(5):136-139.
- [13] 叶文华. 气象数据监控系统的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2016(6):185.
- [14] 苏秀蓉,王正仕,马进红,等. 基于MPPT的太阳能智能充电控制器[J]. 机电工程, 2013, 30(9):1133-1136.
- [15] 汪文忠. 自动气象站数据采集系统的设计与实现[D]. 武汉:华中科技大学, 2012.
- [16] 杜智涛,王洪涛,王晓蕾. 自动气象站数据采集器测量过程控制系统的设计与实现[J]. 计量技术, 2009(4):29-33.

Design and Research of Handheld Low-power Meteorological Data Collector

ZHANG Dong-ming¹, MA Shang-cang², GE Yong-hua¹, KONG Wei-qi³

(1. Zhejiang Meteorological Administration Meteorological Detection Center, Zhejiang, 310000, China; 2. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 100225, China; 3. Chengdu City Meteorological Service Center, Chengdu 610000, China)

Abstract: It has some limitations for conventional weather observation. To meet the real-time meteorological measurement requirements, design a low-power handheld meteorological elements collector. With low power consumption micro-processor of MSP430, it configures meteorological sensors, positioning module, display module etc and from the aspects of hardware and software designing of low power consumption. The actual test results verify the rationality and practicability of the system and it has the characteristics of high precision, low power consumption. It can meet the requirements of the meteorological data acquisition and be applied to the environment, transportation, agriculture, construction and other fields.

Keywords: meteorological data acquisition; MSP430; low power consumption; high precision