

doi:10.16652/j.issn.1004-373x.2017.20.041

# 基于MSP430超低功耗海洋漂流浮标采集器的设计

孔卫奇<sup>1</sup>, 杨志勇<sup>2</sup>, 马尚昌<sup>1,3</sup>

(1. 成都信息工程大学 电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 华云升达(北京)气象科技有限责任公司, 北京 102200;  
3. 中国气象局 大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

**摘要:** 为了满足远海气象水文监测需要,设计一种基于MSP430MCU海洋气象水文漂流浮标采集器;重点研究采集器电路设计及程序设计。为了最大限度提高采集器运行时长,采用超低功耗微处理器,供电系统采用锂电池与太阳能电池板,充电控制采用最大功率点跟踪(MPPT),并为所有部件设置独立电源控制;采集器运用国内自主研发的北斗通信方式,实现深远海气象水文数据采集。实际测试结果验证了系统的合理性和实用性,对于深远海洋气象水文观测意义重大。

**关键词:** MSP430MCU; 超低功耗; 北斗通信; 数据采集

**中图分类号:** TN322<sup>+</sup>.7-34; TP274<sup>+</sup>.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-373X(2017)20-0146-04

## Design of ultra-low power consumption ocean drifting buoy collector based on MSP430

KONG Weiqi<sup>1</sup>, YANG Zhiyong<sup>2</sup>, MA Shangchang<sup>1,3</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2. Huayun Sounding (Beijing) Meteorological Technology Co., Ltd., Beijing 102200, China;

3. CMA Key Laboratory of Atmospheric Sounding, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In order to meet the requirements of meteorology and hydrology monitoring of high sea, an ocean meteorology and hydrology drifting buoy collector based on MSP430MCU was designed. The circuit design and program design of the collector are studied emphatically. In order to prolong the operation time of the collector to the maximum extent, the ultra-low power consumption microprocessor is adopted in the collector, the lithium battery and solar panel are used in its power supply system, the maximum power point tracking (MPPT) is used for charging control, and all components are set with the independent power supply control. The Beidou communication mode researched and developed independently by China is employed in the collector to acquire the meteorology and hydrology data of high sea. The practical test results verify that the system is rational and practical, and has great significance in meteorology and hydrology observation of high sea.

**Keywords:** MSP430MCU; ultra-low power consumption; Beidou communication; data collection

## 0 引言

海洋是我国领土的重要组成部分和宝贵的财富资源,具有重要的国防战略地位和经济实用价值。十八大报告中明确提出:“建设海洋强国”;充分体现了国家对海洋的重视。海洋观测是认识海洋、研究海洋、开发利用海洋的基础,海洋浮标则是海洋观测的工具和手段。近年来,虽然我国开展了一些海洋气象水文观测业务项目建设,但是这些观测站点基本上都是位于近海域,而相对于我国300万 km<sup>2</sup>海洋面积而言,几乎是空白;没有国产的海洋气象漂流观测仪器是主要原因之一,而漂

流浮标的设计重点在于采集器设计,因此研究设计具有自主知识产权的漂流浮标采集器是十分必要的。

采集器作为漂流浮标的核心部件,主要功能是完成数据采集、数据运算、数据质量控制及数据存储传输<sup>[1]</sup>。其通信及供电系统决定观测范围及续航能力,测量技术手段决定观测数据的准确性。为了实现远洋数据通信和长时间运行,从需求方面改善出发,设计一种兼顾通信范围广、续航能力长、测量数据准确性高等特点的采集器。这对提高海洋水文气象仪器国产化程度,支撑国家海洋发展战略和气象水文观测业务发展,具有重要的科学意义和应用前景。

## 1 采集器微处理主要特点

TI公司生产的MSP430系列单片机具有超低功耗

收稿日期:2017-02-16

基金项目:国家重大科学仪器设备开发专项:海洋气象  
漂流观测仪开发及应用(2014YQ110787)

结构体系,掉电工作模式耗电为0.1  $\mu$ A,等待模式耗电为0.8  $\mu$ A,250  $\mu$ A/1 MIPS,时钟唤醒时间小于6  $\mu$ s,端口漏电流小于50 nA,零功率BOR;灵活的时钟源,对于数据采集器实现低功耗、快速反应十分重要。16位RISC结构指令,集成SCoC,易于程序编写,具有多种寻址方式,可以提高指令执行速度和效率。强大的处理能力,系统具有很好的稳定性,高性能的模拟技术及丰富的片上外围资源<sup>[2]</sup>。而采集器采用的MSP430F 5438A供电电压为1.8~3.6 V,具有16 MHz的主频、256 KB+512 B的FLASH Memory、16 KB的RAM存储空间,4种低功耗模式,对于采集器低功耗应用具有十分重要的意义。

2 采集器系统电路设计

该海洋气象水文漂流浮标采集器以低功耗、多功能的MSP430系列单片机为处理器,通过配置海洋气象、海洋水文传感器构建数据采集处理电路。在基于现有的通信、供电能源、测量技术的基础上,采集器通信运用北斗卫星,其通信技术具有覆盖范围广不受地域影响的特点<sup>[3]</sup>。为了提高采集器最大续航能力,采用超低功耗微处理器,供电系统采用锂电池,太阳电池板作为辅助供电,为了提高太阳能电池板充电效率,电路中设计有充电控制器,采用MPPT控制方式<sup>[4]</sup>。姿态监控模块系统运用九轴姿态和GPS定位模块,九轴姿态监控设计为大家了解采集器三维运行状态提供数据<sup>[5]</sup>,GPS实时定位信息为反演真实洋流提供数据,同时为复杂环境下风的测量提供修订数据。

采集器系统组成电路原理图见图1。

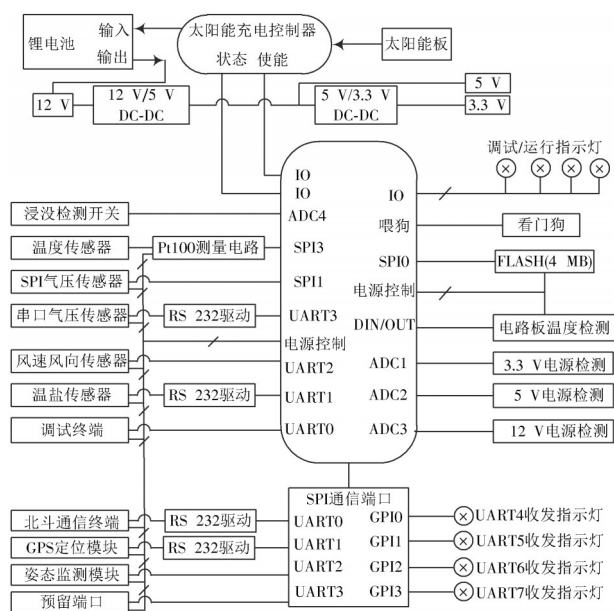


图1 采集器系统电路原理框图

2.1 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,主电源采用12 V可充电100 Ah的锂电池,通过高效率的电压DC-DC转换电路,设计二次电压变换为采集器系统提供不同工作电压。12 V电源主要为北斗通信终端及部分传感器提供工作电压,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,5 V电压转换器通过电阻分压网络控制输出5 V电压,为多种传感器提供工作电压;再通过TPS62203将5 V电压转换成3.3 V为MCU供电;同时配置了基准电压比较器,检测电池电压,当电压过低时切断输出电压,对电池予以保护。

根据采集器要在深渊海域长时间运行特点,通过太阳电池板为锂电池提供充电,以满足采集器系统长时间运行需要;为了提高充电效率<sup>[6]</sup>,充电电路采用MPPT控制方式。太阳能板的基本技术指标为:16 V充电电压,大于300 mA的充电电流;电路中包含微处理器控制的充电使能管理和电池充电状态监测电路;充电控制电压和锂电池电压配置可通过公式得到。通过设置合适的电阻值满足输入/输出电压需要。该充电控制方式对于提高电池寿命有所帮助。

2.2 浮标北斗数据传输终端设计

依据采集器结构设计,其通信终端设计趋于小型化,北斗数据传输终端由天线单元、射频前端、基带芯片电路、GPS模块电路、ARM处理单元、电源管理和接口电路等功能部分组成。北斗数据传输系统组成见图2。

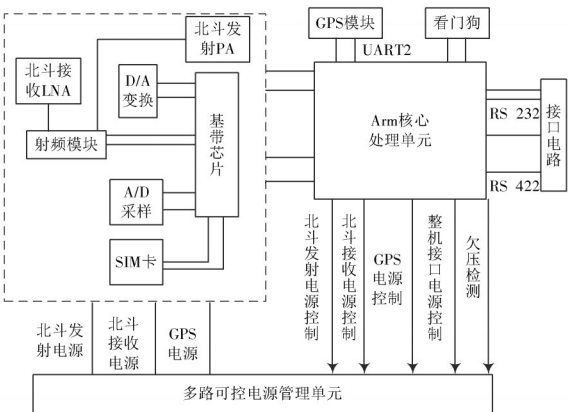


图2 浮标北斗数据传输终端

图2系统由北斗接收、北斗发送和GPS接收共三个频点天线振子组成,它接收来自空间的电磁波信号并提供给射频前端的低噪声放大器,同时将射频功率放大器输出的发射信号以电磁波的形式发送出去<sup>[7]</sup>。射频前端由低噪声放大器、前端功率放大器和射频收发通道等电路组成,可以实现北斗收发信号的滤波、放大和上下变

频,并为基带处理电路提供同步时钟源。北斗基带芯片电路具有北斗信号的捕获、跟踪、调制解调和电文处理等功能,其核心器件为北斗基带芯片。GPS模块电路主要由集成了射频和基带的u-Blox模块组成,具有GPS信号的接收滤波、信号放大、下变频解调和定位解算等功能。ARM处理单元的核心为STM32处理器芯片,执行气象协议的编解码、北斗信息/GPS信息的再处理以及对整机工作状态的控制等功能。电源管理实现电源保护、多路电压变换、电源状态检测等功能。接口电路提供终端整机与外围设备的电器连接,提供RS 232和RS 422标准的通信接口。同时,整机程序维护和北斗卫星定位总站性能测试也通过接口电路实现。

### 3 采集器程序设计

采集器程序包括两个部分:程序运行初始化和主循环。程序流程图见图3。程序初始化主要完成对程序运行必须的参数配置、运行变量、MCU的初始状态、端口设置、外围部件等初始化处理<sup>[2]</sup>。主循环是整个程序正常运行与按照要求完成工作的关键。主循环主要是查询“时间事件”的标志位,并进行处理事件,主要完成对时间事件、操作事件的查询处理及对看门狗的管理;同时程序中采用硬件资源中可以使用的低功耗模式,降低能耗<sup>[8]</sup>,增加采集器运行时间。采集器数据采样、采集算法处理、数据存储格式及传输、运行状态指示等参考中国气象局综合观测司在2015年编写最新版海洋气象浮标功能规格书、海洋水文观测仪器通用技术条件等文件。

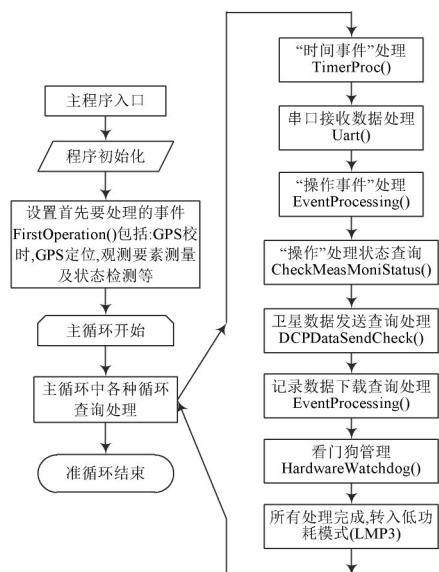


图3 主程序流程图

程序控制方面采用了“以事件驱动”的控制方式,即把各种操作处理定义为事件,在需要执行相关事件时,

设置“相关的事件”标志位。查询到某个标志位存在时,通过该标志位“代表的事件”执行该操作处理任务,任务完成后,则退回到主循环查询处理中。

程序运行时序运用MCU的内部定时器,配置一个1 ms的主定时器;程序运行的时序控制时钟便是利用该1 ms的主定时器。通过1 ms的中断计时处理,分别设置100 ms、秒、分钟、小时和日变化时间事件;事件时间标志位到时通过对事件的处理,控制执行相关对采样数据处理、观测要素测量、数据存储及发送处理等时序控制处理<sup>[9]</sup>。主循环通过查询处理各种事件和操作处理,来决定是否执行某个任务,程序正常启动后,程序运行是处在主循环的不断查询处理,时序控制机制如图4所示。

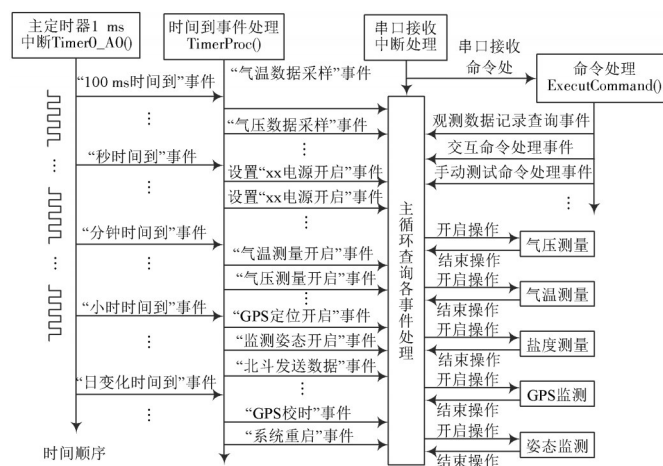


图4 程序时序控制机制

### 4 测试结果

#### 4.1 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即为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1。

由于项目时间安排,目前只完成实验室测试数据,球体浮标配置的太阳能板设计电压为19 V,测得太阳能板平均输出电流为225 mA。根据2015年北京地区年平均日照时数5 h,理论上锂电池充电效率为75%,则太阳能板每年充的电能可以使浮标运行636.5天;依据实验室测得数据,理论上该系统可以运行两年以上。

#### 4.2 数据通信测试

通信系统采用我国自主研发的北斗通信系统,传输效率高,不再依赖通过国外卫星数据处理中心,目前该浮标采集器完成实验室测试,通过中心站数据接收综合



管理软件可以了解各站点通信状态及实时数据,如需要获得某个采集器实时气象水文数据,可以查看该采集器详细的状态及数据信息,如图5所示。当四号站点通信出现问题中断时,可以根据颜色获知,为及时通过远程命令重启恢复通信和维修提供方便。

表1 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	电池容 量 /Ah
MCU单元	5	3 600	0.12	100
外置FLASH存储器	1	3 600	0.024	
扩展串口	3	3 600	0.072	
RS 232驱动1号	1	3 600	0.024	
RS 232驱动2号	1	3 600	0.024	
主板温度测量	1	3 600	0.024	
温度测量组件	1	3 600	0.024	
气压测量外置传感器	10	60	0.04	
气压测量板载组件	10	320	0.021	
温盐传感器	72	60	0.029	
风传感器	2	360	0.004 8	
北斗通信待机状态	10	150	0.01	
北斗通信发送数据	1 000	0.05	0	
GPS检测外部模块	48	120	0.038	无充电的 情况下连 续工作天 数
GPS检测板载组件	20	155	0.021	
姿态测量组件	20	60	0.008	
日功耗总和			0.483 8	206.7



图5 漂流浮标采集实时数据监测

该系统到目前为止,在连续运行的3个月时间内,

作者简介:孔卫奇(1989—),男,河南鹿邑人,在读硕士研究生。研究方向为大气探测技术。  
杨志勇(1959—),男,北京人,高级工程师。研究方向为大气探测信号处理。

通过对历史数据查询分析,北斗终端模块将1 h内的历史数据发送到中心站PC机上,仅有3次数据缺少,数据传输有效率较高,达到预期效果。

5 结 语

本文设计的浮标采集器体积小,易于布放安置,采用低功耗微处理器、各部件供电电源控制及太阳能板,最大限度地延长系统在海上漂流工作时间,这对漂流浮标来说十分重要。采用我国自主研发的北斗通信系统,实现高效传输,同时数据安全性得到保证。通过对海域浮标长时间定位信息分析及多站点的漂流路径跟踪可以得到真实洋流走向。对于深远海域反演旋涡信息数据也具有重要的意义。

参 考 文 献

[1] 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.  
[2] 任保宏,徐科军.MSP430单片机原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2014.  
[3] 谭鉴荣,吕雪芹,郎东梅,等.基于卫星通信的海洋气象数据采集系统设计[J].气象科技,2013,41(1):51-56.  
[4] 卢琳,扈国华,张仕文.基于MPPT的智能太阳能充电系统研究[J].电力电子技术,2007,41(2):96-98.  
[5] 沈翔,郭善镜.全机疲劳实验姿态监控系统[J].现代电子技术,2014,37(22):60-62.  
[6] 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.  
[7] 于家傲,姜永金,李友权,等.小型化北斗导航圆极化天线研究[J].现代电子技术,2014,37(7):79-81.  
[8] 苏维嘉,王旭辉.基于MSP430单片机的数据采集系统[J].现代电子技术,2007,30(23):117-119.  
[9] 党朝发,毕学军,王小振,等.基于MSP430单片机的窄带无线数据传输模块的设计[J].现代电子技术,2015,38(18):68-71.

(上接第145页)

[3] 潘加亮,熊智,王丽娜,等.一种简化的发射系下SINS/GPS/CNS组合导航系统无迹卡尔曼滤波算法[J].兵工学报,2015,36(3):484-491.  
[4] 张林,史豪斌,吴佳斌.基于改进CBR的机器人足球对抗决策技术研究[J].西北工业大学学报,2013,31(6):991-996.  
[5] 郭静波,谭博,蔡雄.基于反相双峰指数模型的微弱瞬态极低频信号的估计与检测[J].仪器仪表学报,2015,36(8):1682-1691.  
[6] 王维猛,焦荣华,李晓辉.TD-SCDMA系统DOA-TOA定位技术研究[J].现代电子技术,2014,37(8):1-4.

作者简介:周 链(1977—),男,江苏武进人,实验师。研究方向为农机化工程、机械设计及理论、性能仿真及分析。  
邱白晶(1961—),男,江苏镇江人,教授。研究方向为农机化工程、植保机械。