

基于 MSP430 海洋气象漂流浮标采集器的程序设计

孔卫奇¹, 杨志勇², 马尚昌^{1,3}

(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: 随着国家对海洋发展战略不断推进,为满足海洋水文气象数据的监测全面化和智能化需求。在采用 MSP430 系列单片机硬件平台的基础上,重点阐述漂流浮标采集器的程序设计。采集器程序在结构方面采用模块化设计,在运行控制方面采用以事件驱动的处理模式。模块化的设计使整个程序结构清晰,运行效率高;程序控制采用事件驱动控制方式,即把各种操作处理定义为事件,在需要执行时,设置相关的事件标志位。在程序的主循环中查询是否存在需要处理的事件标志,如果有则执行相关的操作处理,执行完成后,退回到主循环查询处理中。得到了较好的运行结果。

关键词: 漂流浮标; 模块化设计; 事件驱动; 主循环; 电子与通信工程; 探测技术
中图分类号: TP229 **文献标志码:** A

0 引言

众所周知海洋是中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”;充分体现国家对海洋的重视。而海洋水文气象数据的观测在发展海洋经济、保护海洋生态环境、建设海洋强国过程中起着基础性的作用不容忽视,为降低气象灾害发挥着重要作用^[1]。

随着科学技术的发展地面气象观测技术趋于成熟,具有自动化、智能化、高效无线传输数据等优点。在各种硬件平台的基础上,设计并编写高效率的运行程序来完成地面气象数据要素的采集、处理、存储。而中国同样是个海洋大国,相比地面气象观测,海洋气象水文观测技术发展较慢,不仅观测布网点少、观测范围有限^[2],同时观测仪器大都采用国外产品,因此研发具有自主知识产权的观测仪器是十分必要的。海洋气象漂流浮标采集器的程序设计,在推动海洋水文观测智能化发展方面具有重要意义。该采集器的程序设计结合 MSP430 硬件平台和北斗通信系统^[3],在无人值守、随洋流移动的情况下自动采集数据、处理数据、存储数据、发送数据,为实现深远海水文气象探测提供总要资料^[4],为建设海洋强国作出贡献。

1 总体结构设计

1.1 采集器程序功能设计

依据功能需求,程序设计要满足对观测要素数据的采样,其中观测要素包括:海水表面空气温度、海水表面空气气压、海水表面风速风向、表层海水温度、表层海水盐度;通过对采样数据的进一步处理^[5],降低误差,提高数据的准确性;程序将处理后的数据进行存储,并能够自动发送与查询处理功能。在程序运行状态方面,自动存储其运行状态日志并提供查询处理功能。提供命令交互处理功能,方便程序调试、参数修改、运行状态查看等。系统运行时序管理机制提高采集器程序运行效率并能保证在完成设计功能的前提下降低硬件电能消耗。具有对采集器系统电气状态检测,如采集器的主板温度、各部件的电源电压等参数;提供系统实时时钟并通过 GPS 校时,实时时钟为数据测量提供准确的时间依据。在姿态检测方面,采用最新姿态监控模块,能够实现对外壳浮标体浸没状态检测、九轴姿态检测、经纬度地理信息检测等功能。

1.2 采集器程序结构设计

采集器程序在结构方面采用模块化设计,项目在程序中采用的模块化结构在节约硬件和软件资源的前提下,能够完成项目任务;在运行控制方面采用了以事件驱动的处理模式,程序结构按照处理功能分成各种处理模块和程序单元,如图 1 所示。

收稿日期: 2016-03-16

基金项目: 科技部国家重大科学仪器设备开发专项资助项目(2014YQ110787)

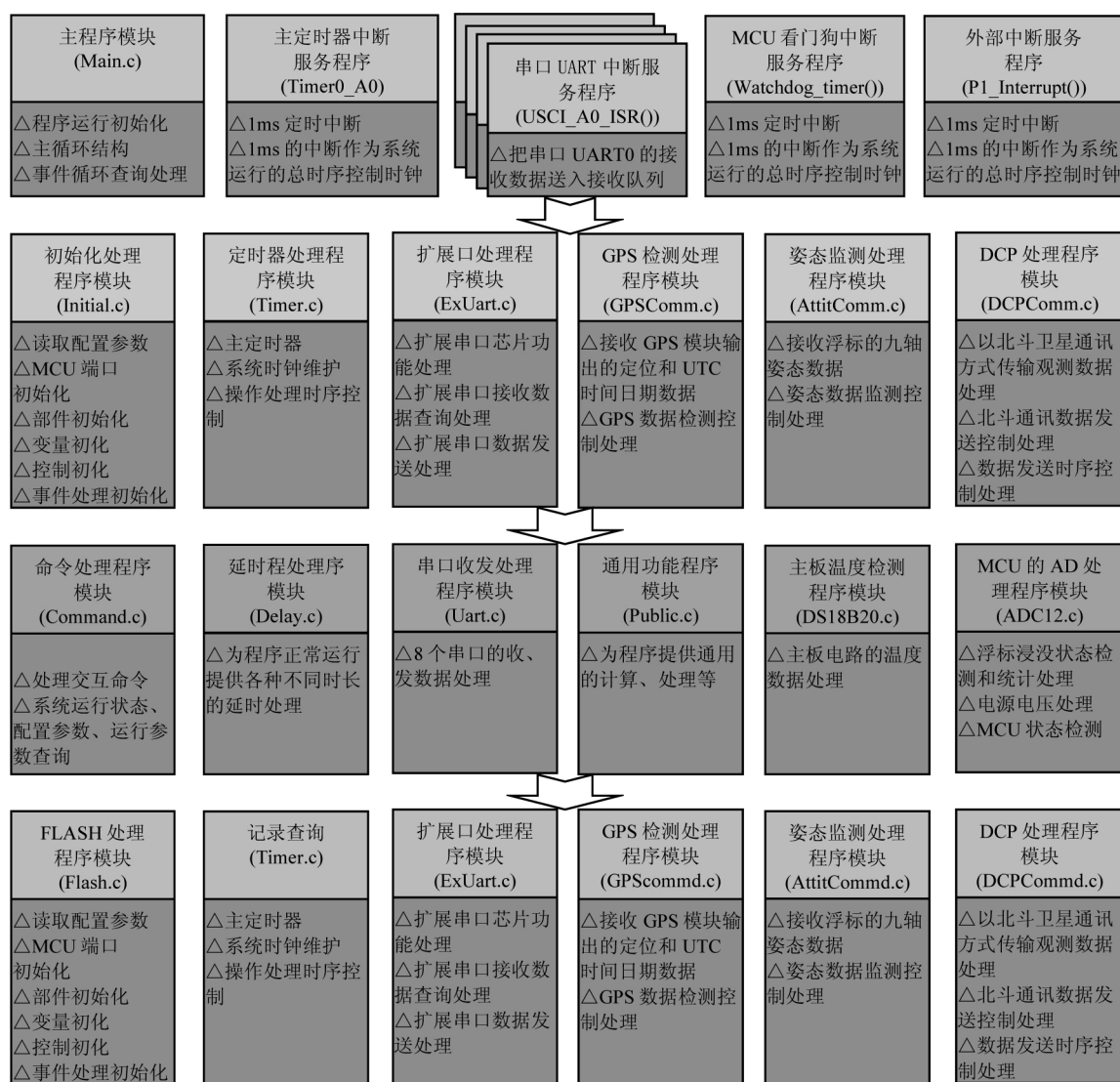


图1 采集器程序结构模块设计

1.3 采集器程序运行控制机制

采集器程序运行硬件环境是 MSP430F5438A，MSP430 系列单片机具有高性能的模拟技术及丰富的片上外围资源，强大的处理能力，超低功耗，掉电工作模式耗电为 0.1 μA ，等待模式耗电为 0.8 μA ，250 $\mu\text{A}/1\text{MIPS}$ ，时钟唤醒时间 $<6 \mu\text{s}$ ，端口漏电流 $<50 \text{ nA}$ ，零功率 BOR，高性能 16 位 RISC 结构指令，集成 SCoC；而 MSP430F5438A 具有 16 MHz 的主频、256 KB 的 ROM 存储空间、16 KB 的 RAM 存储空间^[6]，完全满足项目需要。程序设计没有加载操作系统管理，采用循环查询的控制方式完成相关任务，该程序运行控制机制以最大化的节约资源前提下，实现对相关数

据的处理。

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^[7]。程序控制机制如图 2 所示。

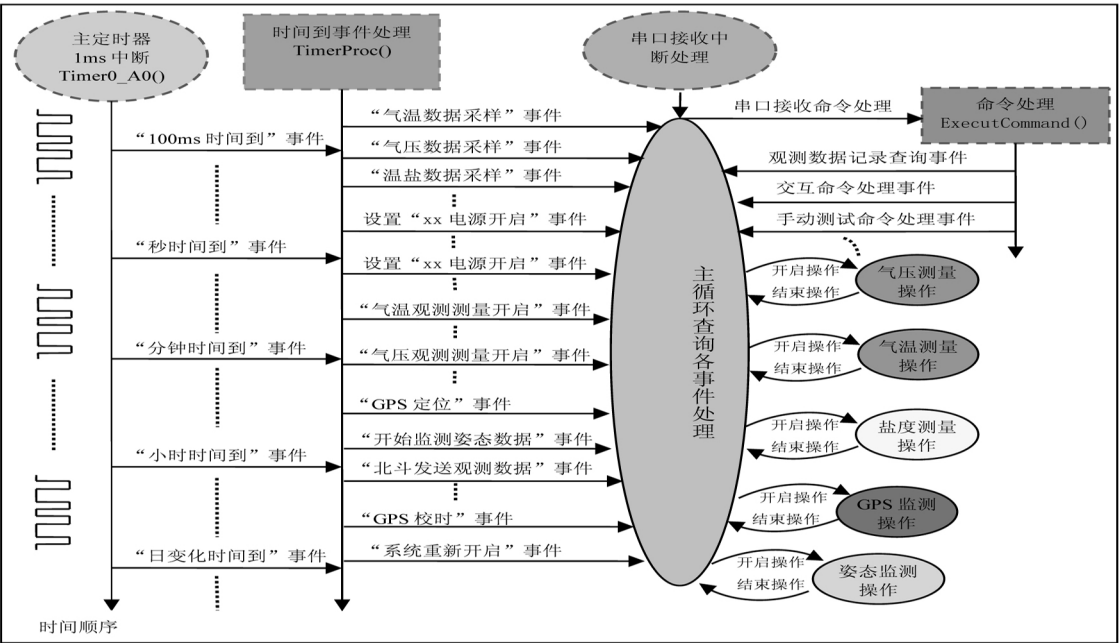


图 2 采集器程序运行控制机制图

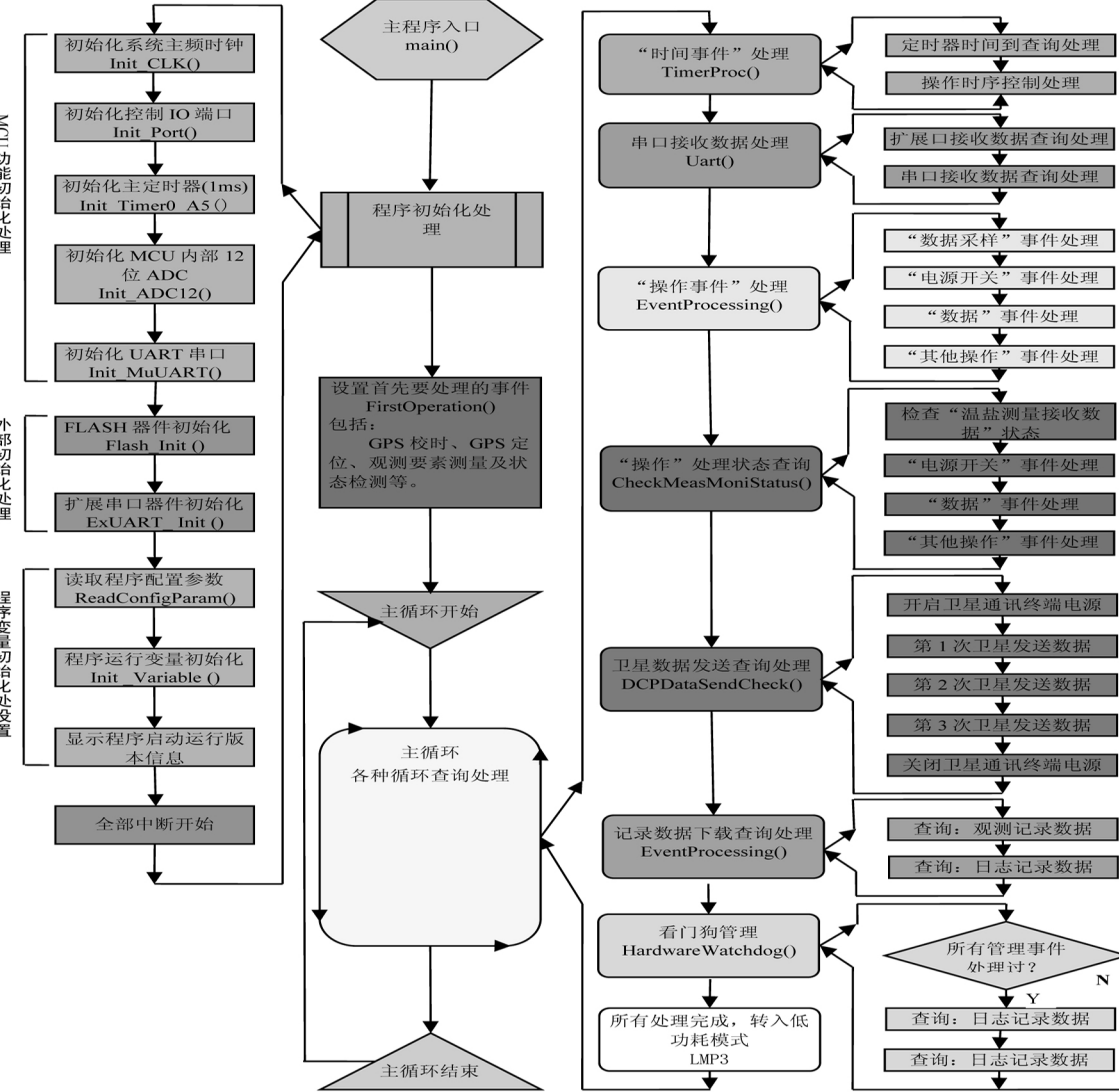


图 3 主程序流程

2 主程序处理流程

主程序主要包括程序运行初始化和主循环两部分。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^[8]。主循环是整个程序正常运行与按照要求完成工作的关键^[9],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^[10];同时程序中采用硬件资源中可以使用的低功耗模式^[11],降低能耗,增加采集器运行时间。

主循环查询处理各种事件和操作处理,程序运行时,通过查询时间到事件^[12],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,从而得以控制系统运行、处理时序。

主程序处理流程如图3所示。

部分主程序如下:

```
#include "includes. h"    //包括各种库文件、头文件说明
//主程序
void main( )
{
    //程序输出化处理
    runsta = 0;    //清除: 程序运行状态标识( 参见#define __RUNSTATUS)
    Init_CLK( );    //始初始化: MCU 的主时钟振荡器 ( 见 Initial. c 程序文件)
    Init_Port( );    //初始化: MCU 的 IO 端口 ( 见 Initial. c 程序文件)
    Init_ADC12( );    //初始化: MCU 内部 12 位 ADC ( 见 ADC12. c 程序文件)
    Init_Timer0_A5( );    //初始化: MCU 主定时器 ( 见 Timer. c 程序文件)
    Flash_Init( );    //初始化: 25Q32( Flash 存储器) ( 见 Flash. c 程序文件)
    ReadConfigParam( );    //读取: 程序配置参数 ( 见 Initial. c 程序文件)
    Init_Variable( );    //初始化: 程序运行变量 ( 见 Initial. c 程序文件)
    Init_MuUART( );    //初始化: MCU 内部 UART 串口 ( 见 MuUart. c 程序文件)
    ExUart_Init( );    //初始化: MAX14830( 扩展串口) ( 见 ExUart. c 程序文件)
    SFRIE1 |= WDTIE;    //开启: CPU 的看门狗( WDT) 中断
    WDTCTL = WDT_ADLY_1000;    //设置:
```

WDT 为 INTERVAL 模式,中断间隔 1000ms

```
__enable_interrupt( );    //开全部中断 程序开始运行
```

//初始化完成,存储日志信息,进入主循环。

```
echoinformation( ( char * ) ver_info, CfgPam. uart [DEBUG ], ECHO_STA);    //显示程序版本号 ( 见 Punlic. c 程序文件)
```

```
// sprintf( tempbuf, " CfgPam:  % dn", ( int) sizeof( CfgPam) );    echoinformation( tempbuf, CfgPam. uart [DEBUG ], ECHO_STA);
```

```
// sprintf( tempbuf, " MeasDat:  % dn", ( int) sizeof( measdat) );    echoinformation( tempbuf, CfgPam. uart [DEBUG ], ECHO_STA);
```

```
// sprintf( tempbuf, " LogDat:  % dn", ( int) sizeof( LogDat) );    echoinformation( tempbuf, CfgPam. uart [DEBUG ], ECHO_STA);
```

//程序开始运行

```
FirstOperation( );    //首先开始执行的操作处理
```

while(1) //主循环

```
{
```

TimerProc(); //定时器时间到处理,操作时序控制。(见 Timer. c 程序文件)

QueExUartRx(); //查询扩展串口接收数据 (见 ExUart. c 程序文件)

UartRxData(); //检查串口的有接收数据处理 (见 Comm. c 程序文件)

DCP_DataSend_Check(); //检查卫星数据发送处理 (见 DCPComm. c 程序文件)

EventProcessing(); //事件处理,执行操作处理! (见程序文件)

CheckMeasMoniStatus(); //操作状态检查,判断是否结束? (见程序文件)

QuerySaveRecord(); //记录查询处理 (见程序文件)

HardwareWatchdog(); //硬件看门狗喂狗处理 (见程序文件)

// LPM3; //进入低功耗模式

```
}
```

//程序开始运行时,首先要执行的操作

```
void FirstOperation( )
```

```
{
```

DetecMBStatus(); //开机进行“状态”检测

event_measmoni |= EVENT_GPS_DATETIME;

//开机进行“GPS 校时”操作

event_measmoni |= EVENT_GPS_POSITION;

```
//开机进行“GPS 定位”操作
if( CfgPam. dataconfig & MEASDATA_AT) event
_m measmoni | = EVENT_MEASURE_TA; //开机进
行“气温测量”操作
if( CfgPam. dataconfig & MEASDATA_AP) event
_m measmoni | = EVENT_MEASURE_PA; //开机进
行“气压测量”操作
if( CfgPam. dataconfig & MEASDATA_SST) event
_m measmoni | = EVENT_MEASURE_SST; //开机进
行“温盐测量”操作
if( CfgPam. dataconfig & MEASDATA_SSS) event
_m measmoni | = EVENT_MONITOR_STA; //开机进
行“状态检测”操作
}

// 看门狗定时器中断服务程序 //
#pragma vector = WDT_VECTOR
__interrupt void watchdog_timer ( void)
{
    LED_On( RUN_LAMP); //点亮《运行》指示
    LPM3_EXIT; //退出低功耗模式
}

// 硬件看门狗管理 HardwareWatchdog ( )
//
void HardwareWatchdog ( )
{
    if( ! watchdogword)
    {
        WATCHDOG ( ) ; //看门狗管理的全部事项处
        理完 则可以对硬件看门狗进行喂狗操作!
        watchdogword = WATCHDOG_ALL; //重新
        看门狗管理事项 重新管理看门狗事项!
    }
}
```

3 采集器程序运行结果

中心站数据接收处理软件是在 CAWSAnyWhere 区域站自动站统一版数据收集平台软件基础上 ,增加海洋监测站数据接收处理。该软件系统是一套地面气象观测站网的全局性和区域性数据收集、管理和应用的综合处理平台。国家基本业务地面观测站网和区域性加密观测站网均可通过该平台得到综合应用和管理。该系统软件主要由区域站自动站统一数据收集平台软件和 WEB 气象信息应用系统两部分组成。区域自动站统一数据收集平台软件将现有各种类型观测站、各种类型业务网络系统、各种科学实验探测设备统一到本网络平台运行管理;实现各种气象数据的全方位、多渠道的收集、处理与融合应用;通过各种通信手段 ,完成全网的数据收集、处理、存储、应用、分析、显示功能;以层层级联的方式实现通信网络控制、数据综合应用和外部服务;完成数据实时上传上报、平级共享应用以及控制流、状态流的互联互通^[13]。

在基于程序运行的 MSP430F5438A 和北斗通信系统硬件平台上 ,采集器采集到的深远海气象水文数据经过相应的处理 ,通过北斗卫星通信系统将数据发送并存储到内地基站 PC 上^[14] ,通过中心站上位机软件可以查询实时数据、历史数据^[15]。图 4 可以查询实时数据、查看实时状态、历史数据等信息。

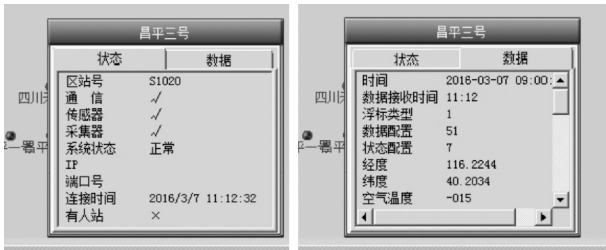


图 4 实时监测数据页面

在上位机软件上右击某个浮标 ID 站并点击查询 ,输入想查看的时间段日期 ,便可得到该 ID 站的历史数据包括浮标运动经纬度等数据。部分数据如图 5 所示。

区站号	日期时间	入海时间	数据接收时间	浮标类型	数据配置	状态配置	经度	纬度	空气温度	空气湿度1	空气湿度2	空气湿度3	空气湿度4	空气湿度5	气压	气压趋势1	气压1	气压趋势2
S1020	2016/5/19 17:00:00	2016/5/19 18:04:40	18:04	1	51	T	116.2248	40.2036	297	297	297	295	295	295	10008	0	10009	0
S1020	2016/5/19 18:00:00	2016/5/19 19:05:20	19:04	1	51	T	116.2248	40.2036	295	292	292	292	290	290	10008	0	10010	0.1
S1020	2016/5/19 19:00:00	2016/5/19 20:05:28	20:05	1	51	T	116.2248	40.2036	280	280	280	277	277	277	10012	0.3	12722	15.1
S1020	2016/5/19 20:00:00	2016/5/19 21:06:08	21:05	1	51	T	116.2248	40.2036	275	275	275	275	275	272	9882	23.1	9898	24.1
S1020	2016/5/19 21:00:00	2016/5/19 22:06:48	22:06	1	51	T	116.2248	40.2036	272	272	272	272	272	270	12338	16.9	9606	-17.3
S1020	2016/5/19 22:00:00	2016/5/19 23:07:30	23:07	1	51	T	116.2248	40.2036	270	270	270	270	270	270	12114	-5.2	11493	-16.1
S1020	2016/5/19 23:00:00	2016/5/20 0:07:34	00:07	1	51	T	116.2248	40.2036	267	267	267	267	267	267	10422	3.4	10569	15.6
S1020	2016/5/20 0:00:00	2016/5/20 1:08:14	01:07	1	51	T	116.2248	40.2036	267	267	267	267	267	267	10564	-2.3	10422	-14.2
S1020	2016/5/20 1:00:00	2016/5/20 2:08:54	02:08	1	51	T	116.2248	40.2036	265	265	265	265	265	265	12348	-12.2	12349	0
S1020	2016/5/20 2:00:00	2016/5/20 3:09:01	03:08	1	51	T	116.2248	40.2036	265	265	265	262	262	262	9608	-17.9	10032	-8.8
S1020	2016/5/20 3:00:00	2016/5/20 4:09:41	04:09	1	51	T	116.2248	40.2036	262	262	262	262	262	262	10034	0.1	10035	0.1
S1020	2016/5/20 4:00:00	2016/5/20 5:10:21	05:09	1	51	T	116.2248	40.2036	260	260	260	260	260	260	10036	0	10036	0.1
S1020	2016/5/20 5:00:00	2016/5/20 6:10:28	06:10	1	51	T	116.2248	40.2036	260	260	260	260	260	260	10572	2.5	10040	-2.1
S1020	2016/5/20 6:00:00	2016/5/20 7:11:08	07:10	1	51	T	116.2248	40.2036	260	260	260	262	262	262	12354	-24.6	10044	25
S1020	2016/5/20 7:00:00	2016/5/20 8:12:00	08:11	1	51	T	116.2248	40.2036	255	255	255	267	267	267	10046	0.3	10050	0.3
S1020	2016/5/20 8:00:00	2016/5/20 9:12:28	09:12	1	51	T	116.2248	40.2036	270	270	272	272	275	275	12354	25.6	10052	-25.3
S1020	2016/5/20 9:00:00	2016/5/20 10:13:11	10:12	1	51	T	116.2248	40.2036	277	277	277	275	275	275	12359	24.9	12359	0
S1020	2016/5/20 10:00:00	2016/5/20 11:12:50	11:12	1	51	T	116.2248	40.2036	275	272	277	295	290	295	12348	-0.06	12345	-0.19
S1020	2016/5/20 11:00:00	2016/5/20 12:13:16	12:13	1	51	T	116.2248	40.2036	302	302	305	302	305	307	10052	-24.7	12335	23.6
S1020	2016/5/20 12:00:00	2016/5/20 13:14:13	13:13	1	51	T	116.2248	40.2036	305	302	297	295	295	295	10050	-23.6	10045	-0.39
S1020	2016/5/20 13:00:00	2016/5/20 14:14:43	14:14	1	51	T	116.2248	40.2036	295	297	297	295	295	300	10044	-0.19	10040	-0.39
S1020	2016/5/20 14:00:00	2016/5/20 15:15:08	15:14	1	51	T	116.2248	40.2036	297	300	297	297	297	297	10038	-0.29	10035	-0.19
S1020	2016/5/20 15:00:00	2016/5/20 16:15:37	16:15	1	51	T	116.2248	40.2036	297	295	297	297	297	297	10030	-0.36	10029	-0.29
S1020	2016/5/20 16:00:00	2016/5/20 17:15:55	17:15	1	51	T	116.2248	40.2036	297	297	295	295	295	292	10026	-0.19	10025	-0.09

图 5 部分历史数据查询图

通过对程序运行耗电和外围电路分析,在同样完成采集要素功能情况下,耗电低,增加采集器运行时长;无需操作系统和高级软件下,实现同样的功能;综合对比分析来说程序具有效率高。

4 结束语

基于 MSP430 系列单片机的海洋漂流浮标程序目前已完成实验室测试阶段,在测试初级阶段,遇到过难题,比如程序运行时气压传感器没加上,就会出现程序卡死现象,GSP 定位信息获取不来等,经过对问题的分析,找到几种解决办法,如:(1)对程序冗余进一步优化;(2)程序运行前配置完善传感器;(3)修改程序存取清除等。这过程不但丰富了自己的知识面,同时对仪器研发有更深入的了解,实践技术结果并不能像理论上得出的结果。经过后期的完善,程序运行效果比较理想,在无需较高级的硬件平台下完成多要素数据的测量、处理、存储及发送等,易于扩展完善;项目完成在保证高质的情况下提前完成。后期完成海洋真实环境下数据测试对比,增加其他要素传感器等。

参考文献:

- [1] 王波,李民,刘世萱,等.海洋资料浮标观测技术应用现状及发展趋势[J].仪器仪表学报,2014,35(11):2402-2411.
- [2] 戴洪磊,牟乃夏,王春玉,等.我国海洋浮标发展现状及趋势[J].气象水文海洋仪器,2014,(2):118-125.
- [3] 洪常委.北斗卫星导航系统在海洋浮标中的应用[J].声学与电子工程,2014,(2):41-43.
- [4] 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).
- [5] 黄飞龙,吕雪芹,陈刚.海洋气象探测基地——浮标[J].海洋技术,2011,30(4):46-56.
- [6] MSP430F543x Family User's Guide,Texas Instruments Literature Numeral SLAS609[Z].2008.
- [7] 黎明,时海勇.基于北斗卫星的大型海洋浮标通信机制研究[J].海洋技术,2012,31(1):1-5.
- [8] 魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [9] 陈龙,邓先灿,孙麒.基于 MSP430 单片机的多路数据采集系统的设计[J].现代电子技术,2006,(20):107-112.
- [10] 王玉.基于 MSP430 单片机的温度采集与无线传输系统设计[J].科技创新与应用,2013,34:61-62.
- [11] 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,(23):117-119.
- [12] 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.
- [13] 中国华云技术开发公司.区域自动站统一数据搜集平台软件用户使用手册[Z].2011.
- [14] 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.
- [15] 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.

The Program Design of Marine Meteorological Drifting Buoy Collector based on MSP430

KONG Wei-qi¹, YANG Zhi-yong², MA Shang-chang^{1,3}

(1. College of Electrical Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Hua Yun Sheng Da (Beijing) meteorological science and technology Co., Ltd, Beijing 102200, China; 3. CMA. Key Laboratory of Atmospheric Sounding, Chengdu 610225, China)

Abstract: With our country continuing to push the marine strategy development, in order to meet the requirements of the comprehensive and intelligent monitoring of the marine hydrological and meteorological data this design is based on hardware platform of MSP430 series single chip microcomputer and puts emphasis on program design of drifting buoy collector. The program of collector adopts a modular design in structure. The whole program structure is unambiguous as modular design and run efficient. The methods of event-driven control used by process control, that is various operating process define as event and when it needs to perform setting relevant event flag. It query whether is to handle the event flag in the main loop of the program, if flag exists, then relevant operation; when operation ends, back to the main loop in the query processing. The study obtains better operation result.

Key words: drifting buoy; modular design; event-driven; main loop; electronics and communication engineering; detection technology