

文章编号: 2096-1618(2017)02-0152-05

基于 STM32F407 多路气象数据采集系统的设计

祁安俊¹, 杨志勇², 马尚昌^{1,3}, 李要中¹

(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:为解决气象多路数据采集智能化问题,设计了一种基于 STM32F407 单片机的数据采集器系统。系统用 STM32F407 的快速数据处理能力,对气象要素进行多通道数据采集、数据处理、数据存储且通过液晶显示并用 FLASH 存储数据,极大地提高了数据传输的效率。同时,通过北斗报文通信方式实现了数据的远程无线传输功能,保证数据收集能在无人看守的环境下正常的被远程监测。

关键词:电子与通信工程; 大气探测及应用; STM32F407; 气象数据; 数据存储; 北斗报文通信

中图分类号: TP274+.2

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcui.2017.02.008

0 引言

从 20 世纪中叶以来,在电子信息技术蓬勃发展之下,气象领域的智能化建设被许多国家的气象部门接受。气象数据在采集和传输上已经能够实现多通道的不同通信接口设计,使气象设备的研制朝着多样化发展,这为正确地应对处置各种自然灾害及为国民经济发展提供了十分有用和广泛的帮助^[1]。现阶段中国的气象技术还不完善,已有的气象探测设备有采样精度低、采集通道少、数据存储少、传输效率低等缺点,不利于气象的发展。提出的采集系统设计,精度高、功耗低、强大数据处理能力不仅能够对温度、湿度、气压、姿态等信息采集,还可以把信息保存到 FLASH 中,并通过液晶显示便于直观观察数据。该系统通过北斗通讯方式能够实现无线通信,解决了远距离数据传输的问题^[2]。

1 系统硬件电路设计

系统是一个基于 STM32F407 单片机的气象数据多通道采集、处理、传输的智能系统。数据采集系统主要由控制模块、存储器模块、液晶显示模块、时钟模块、A/D 转换模块和被北斗通信模块组成。微控制器选用意法半导体公司的 STM32F407ZGT6 超低功耗混合信号控制器,该控制器是以 ARMv7-ME 为架构的 Cortex-M4 内核作为核心处理器^[3]。控制器是数据采集系统的核心,控制系统同时对 4 路信号进行采样,将采

集到的模拟信号进行差分放大,送入 A/D 转换模块中实现由模拟信号到数字信号的转变^[4],再由 STM32F407ZGT6 通过 I²C 总线把数字信号读取出来送至液晶进行实时显示并通过 SPI 总线写入 FLASH 芯片中且掉电数据不丢失,然后每隔 10 s 北斗模块把存储在 FLASH 中的数据发送给远程终端,完成一个工作周期后,系统自动进入睡眠状态直到下一个数据采集的时钟信号到来才进入工作状态。系统硬件电路设计如图 1 所示。

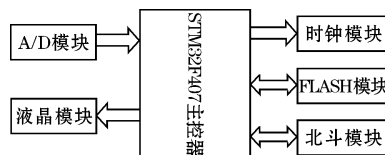


图 1 系统硬件电路设计

1.1 主控制器

系统主控芯片选用的是意法半导体公司的 STM32F407ZGT6^[3],高达 1M 字节的片上内存在没有电流供应的条件下也能长时间的保存数据和高达 196K 字节的内嵌 SRAM,灵活的外部存储器接口能够连接多种类型存储器。当它处于低功耗模式下有睡眠、停止和待机 3 种模式。自带可用电池为 RTC 和备份寄存器供电且各个模式之间可以互相切换。此外 STM32F407ZGT67 单片机集成 110 个可用 IO 口,6 个 USART,3 个 SPI,3 个 IIC,3 个 12 位 AD(多达 24 个外部测量通道),丰富的接口为其连接不同的外围设备提供了多样选择,其内部的 AD 通道可以用于内部温度测量。

收稿日期: 2017-03-19

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项资助项目(2014YQ110

787)

1.2 存储器

存储器选用容量为 128Mb 的 W25Q128 型号的 FLASH 芯片 ,也就是 16M 字节 ,提供有效的系统存储数据解决方案。该芯片提供的灵活性和性能远远超出普通的串行闪存器件^[4]。该器件工作在 2.7~3.6 V 单电源供电 ,电流消耗低至 4 mA ,主动和 1uA 的所有设备断开 ,能在-40 ℃~85 ℃ 正常工作。时钟频率高达 416 MHz ,50 MB/S 的连续数据传输率及超过 10 万次擦除和编程使快速编程、快速擦除、快速读取十分容易 ,数据保存 20 年。STM32F407 的串行寄存器通过 PB14 端口向 FLASH 的 SI 端口中写入指令 ,FLASH 通过 SO 端给出相应的数据。W25Q128 模块引脚功能如表 1 所示 ,电路图如图 2 所示。

表 1 W25Q128 引脚功能列表

Pin	名称	功能
1	VCC	3~5.5 V 供电电源
2	SO	数据输入
3	CLK	串行时钟输入
4	SI	数据输出
5	HOLD	保持输入
6	WP#	写保护
7	GND	接地

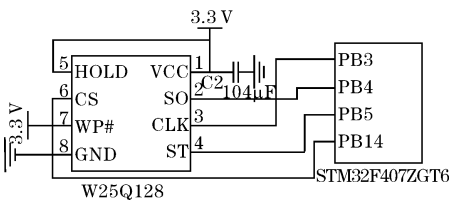


图 2 W25Q128 电路原理图

1.3 时钟信号模块

为了对每次采集的气象数据标定准确的时间 ,虽然 STM32F407 自带有 RTC ,但是准确度不高 ,长时间运行后 ,时间出现很大的偏差。因此 ,设计采用 Maxim Integrated 的 DS3231 新型实时时钟(RTC) ,其内部集成的 32.768kHz 晶体能够提供高稳定高频率的时钟震荡 ,且经过测试该模块在-40 ℃~+85 ℃ ,一年的计时精度达到±2 分钟。这一出色性能使 DS3231 成为当前要求高计时精度应用的最佳解决方案。而 RTC 的其他集成功能也扩展了系统应用领域 ,对于那些对计时精度要求极高的应用电路来说是个不错的选择方案。此外 ,DS3231 带有的 I²C 总线 ,极大地减少了模块的

引脚数 ,MCU 先发送地址数据 ,I²C 上的 DS3231 设备与自己的地址对照 ,若是与自己的地址相符合 ,就接受 MCU 发来的数据。DS3231 芯片引脚功能如表 2 所示 ,电路原理图 3 所示。

表 2 DS3231 引脚功能列表

Pin	名称	功能
1	32 kHz	32 kHz 输入
2	VCC	3~5.5 V 供电电源
3	INT/SQW	片选信号
4	GND	接地
5	NC	接地
6	NC	接地
7	NC	接地
8	NC	接地
9	NC	接地
10	NC	接地
11	NC	接地
12	NC	接地
13	RST	你电平复位
14	VBAT	备用电源输入
15	SDA	串行数据传输和接受数据
16	SCL	串行时钟输入

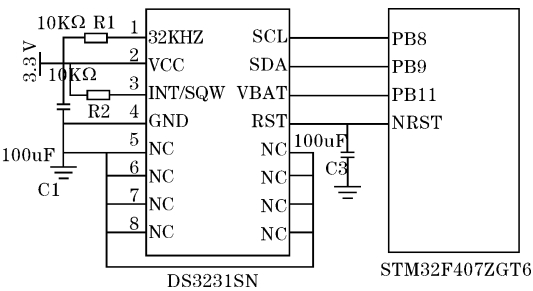


图 3 DS3231SN 电路原理图

1.4 A/D 模块

STM32F407ZGT6 内部集成了 12 位精度的 A/D 转换模块 ,其模块可以独立使用 ,也可以使用双重/三重模式。由于 STM32F407 的 ADC 是 12 位逐次逼近的模拟数字转换器 ,而设计中要求采样的精度要高 ,显然 12 位的转换不符合要求。所以选择 ADS1115 作为 ADC 转换模块。ADS1115 采用的是 I²C 通信方式 ,是一款超小型 ,低功耗 ,16 位的模拟-数字转换器 ,能够以高达每秒 860 个采集数据的速率执行转换工作是采用 2.0~5.5 V 单电源供电低功耗连续转换模式或单拍

模式下工作,在温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +140^{\circ}\text{C}$ 也能正常工作。在程序的设计中,每当一个转换完成后将转换通道进入休眠状态,这极大地降低了空闲状态下的电流消耗,达到设计的低功耗思想。ADS1115 芯片引脚功能如表 3 所示,电路原理图如图 4 所示。

表 3 ADS1115 引脚功能列表

Pin	名称	功能
1	ADDR	I ² C 从地址选择
2	ALERT/RDY	保持输入
3	GND	接地
4	AIN0	差分通道 0
5	AIN1	差分通道 1
6	AIN2	差分通道 2
7	AIN3	差分通道 3
8	VDD	电源
9	SDA	串行数据传输和接受数据
10	SCL	串行时钟输入

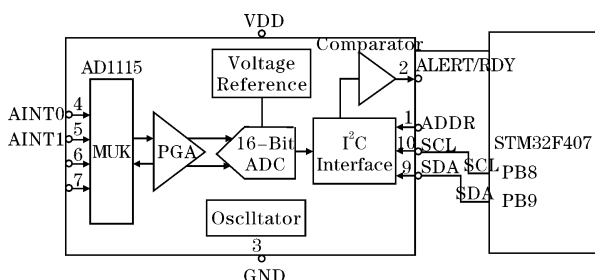


图 4 ADS1115 电路原理图

1.5 北斗通信模块

此模块主要由北斗接收、北斗发送和 GPS 接收共 3 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^[2]。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。电路原理图如图 5 所示。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 RS422 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。电路图如图 5 所示。

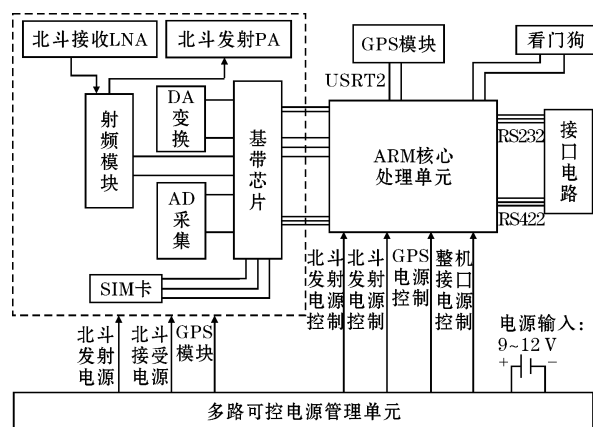


图 5 北斗电路原理图

1.6 液晶模块

LCD 液晶显示模块采用 2.8 寸 TFT LCD 模块,通过 STM32 的 FSMC 接口控制显示 16 位色的真彩图片。相较于其他有源矩阵类型液晶显示器,其图像质量得到了显著提高,究其原因是在其背部设置特殊光管,即在液晶显示屏的各个独立的像素都能通过其背部的一个薄膜晶体管进行管理,这极大的提高了反映时间,使其反应时间约为 80 ms。该模块有着 320×240 的分辨率,16 位真彩显示及自带的触屏可以用作控制输入。由于彩屏的数据数量比较大及对速度的要求越快越好,所有此模块采用 16 位的并方式与外部连接,极大地保证了数据快速传输的速率。图 6 所示的是研发阶段通过显示屏显示系统的采集信息,从显示屏中可知道各个模块的当前信息,液晶显示的有用信息是由 DHT11 传感器提供的湿度 humidity 和传感器自身温度 Temp,CPU TEMPERATURE 是表示 CPU 运行时的温度,BMP180 模块提供的大气压 Air Pressure(单位 hPa)和传感器自身温度 Temperature,DS3231 时钟模块提供 UTC date 和 UTC time,姿态模块 MPU6050 模块提供的采集器的空间状态(Pitch, Roll, Yaw 分别是解算后的俯仰角、横滚角和航向角)及北斗模块提供的采集器所在的空间经度 Longitude,纬度 Latitude,采集器所处的海拔高度 Altitude 及采集器运动速度 Speed。其他没有说明的英文标符信息都无关紧要。

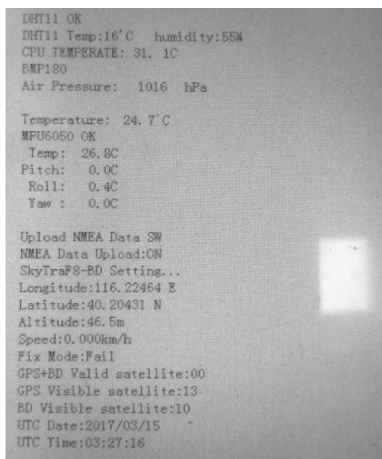


图 6 液晶显示

2 软件设计

2.1 主程序流程

气象数据采集系统主程序流程图如图 7 所示。初始化子程序包括 STM32 片内资源 I/O、时钟信号模块、北斗通信模块、A/D 模块及 LCD 液晶的初始化。上电后,首先进行系统初始化,接着判断是否到达数据的采集时间,如果没有直接进入睡眠状态,反之则启动 A/D 数据转换,进行气压、温度、湿度及采集系统自身的姿态数据进行采集,并读取采样时刻,数据采集完毕

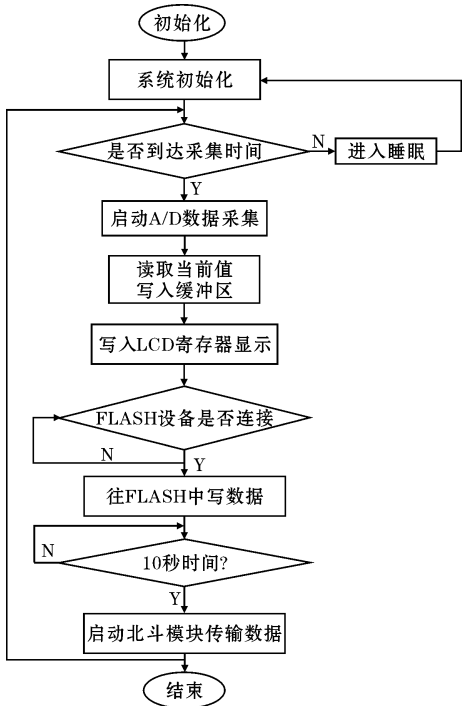


图 7 主程序流程图

后,关闭采集通道使其进入空闲状态,到下次采集时再打开通道,微处理器把数据送入 LCD 中并显示。如果检测到 FLASH 设备的连接标志为 1,则还需将缓冲区的数据以堆栈的方式写入 FLSAH 存储器中,等待 10 s 之后启动北斗模块把储存在 FLASH 中的数据读取以无线的方式发送给远程的中心服务器。

2.2 FLSAH 数据存储系统程序设计

STM32 通过 SPI 三线制的通信方式与 FLASH 进行数据交流,流程图见图 8。系统上电对各个模块初始化后,当检测到有 FLASH 存储器时,读取 FLASH_CR 的 LOCK 位状态,若为 1 则不能读取数据地址就不能把数据写入 FLASH_CR 寄存器中,只有当 FLASH_CR=0,读出要写入数据的地址,接着查询 FLASH 的 BUSY 位是不是 1,若为 1 表示 FLSAH 忙,不停地查询直到 BUSY 位为 0 时,才允许往已读地址的 FLASH 中写入数据。

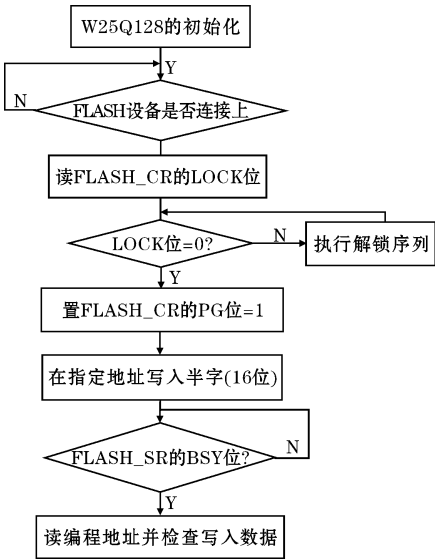


图 8 FLASH 程序流程图

3 采集系统程序运行结果

将设计的程序算法移植到 STM32F407 和北斗通信系统硬件平台上,硬件设备正如所预期的那样将采集器采集到的深远海气象水文数据发送内地数据中心站上,通过上位机软件可以观察设备是否上线及各个模块是否正常工作,还可以查询实时数据和保存在 FLASH 中的历史数据。图 9 是工作状态。图 10 是对历史数据的查询数据。



图9 工作状态

中心站接收日期和时间		数据原文											
数据接收日期	数据接收时间	气温5 0 质控	气压0 0 质控	气压0 0 质控	气压3 0 质控	气压3 0 质控	海温0 0 质控	海温1 5 质控	海温3 0 质控	海温4 5 质控	海温5 0 质控	海温6 0 质控	海温7 0 质控
2016/3/2	22:33:35	0	1228.9	0	0.375	1228.8	0	0.00625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	22:51:35	0	1228.9	0	0.375	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	22:52:35	0	1228.9	0	0.375	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:01:34	0	1228.9	0	0.375	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:03:35	0	1228.9	0	0.375	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:13:36	0	998.2	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:21:35	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:22:35	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:23:35	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:33:36	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:42:35	0	1228.9	0	0.6188	998.6	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:43:35	0	1228.9	0	0.6188	998.6	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:51:34	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:52:34	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04
2016/3/2	23:53:35	0	1228.9	0	0.675	1228.8	0	0.30625	0.04	0	0.04	0	0.04

图10 历史数据查询

4 结束语

在借鉴已有的知识及项目需求的相关系统的基础上,设计并完成一种基于 STM32F407 单片机的精确数据采集系统。它驱动各个模块按照程序的设计对气象要素数据进行智能的采集,并实现了数据的远距离传输,保证了在气候恶劣的环境下能够实时监控数据。系统使用北斗通信保证了数据的安全性,满足气象数据多通道数据采集的需要,具有良好的应用前景。

Design of STM32F407 Multi-channel Meteorological Data Acquisition System

QI An-jun¹, YANG Zhi-yong², MA Shang-chang^{1,3}, LI Yao-zhong¹

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

Abstract: To solve the problem of meteorological multi-channel data acquisition intellectualization. This paper designs a data acquisition system based on STM32F407 single chip microcomputer. This system use STM32F4 powerful data processing ability of meteorological elements for multi-channel data acquisition, data processing, data storage, and through the liquid crystal display (LCD) and FLASH memory data greatly improve the efficiency of data transmission. At the same time, through the Beidou message communication mode to realize the function of the remote wireless transmission of data, to ensure that the data collected in unattended environments can be remote monitoring of normal.

Keywords: electronics and communication engineering; atmospheric detection and application; STM32F407; meteorological data; data storage; beidou communication message

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 党超群, 张锁平, 齐占辉, 等. 基于北斗卫星系统的深远海 GPS 波浪浮标数据传输研究 [J]. 传感器与微系统, 2016, 35(1): 46-48.
- [3] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [4] 康华光. 电子技术基础模拟部分 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [5] 曲乐成, 李欣, 孙法江. 基于无线网络的海洋传感数据实时传输系统设计 [J]. 技术研究, 2015, (2): 40-45.
- [6] 罗继业. 论海洋观测技术装备在我国海洋建设中的战略地位 [J]. 海洋开发与管理, 2014, 31(3): 37-38.
- [7] 胡大可. STM32 系列 FLASH 型超低功耗 32 位单片机 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [8] 王小勇, 毛夏, 庄洪波, 等. 卫星通信在自动站数据传输中的应用 [J]. 气象水文海洋仪器, 2009, 26(4): 91-94.
- [9] 洪常委. GPS 卫星导航系统在海洋浮标中的应用 [J]. 声学及电子工程, 2014, (2): 41-43.
- [10] 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).
- [11] 马庆峰. 漂流浮标数据采集系统设计 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.