

一种 GPS 数据记录仪的设计实现

薛亚洲, 张 琨, 刘文菲

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: GPS 定位广泛应用于各个行业的定位系统中, 针对一款高精度的 GPS 接收机, 进行了一种实时 GPS 数据记录仪的系统设计; 系统设计以 C8051F020 为主控处理器, 通过控制程序将高精度差分 GPS OEM 模块接收的定位数据实时存储在 CF 卡中, 主要包括 GPS 数据接收机配置和 CF 卡存储设计; 同时, 系统设计了基于 Windows 操作系统的专用上位机软件来进行扇区的读数和数据导出, 其功能包括扇区区间的选择, 扇区数据的导出, 磁盘格式化等; 通过完整的硬件和软件设计, 在可供用户二次开发的 GPS OEM 板上设计实现了一种高精度的可配置的实时 GPS 数据记录仪; 设计的 GPS 数据记录仪具有小巧, 轻便, 可稳定工作于恶劣环境等特点, 并且可以满足单点和差分 GPS 数据的记录; 通过功能试验和验证, 该系统工作稳定且可靠性高。

关键词: 差分 GPS; C8051F020; CF 卡; 存储

Design and Implementation of a Kind of GPS Data Recorder

Xue Yazhou, Zhang Kun, Liu Wenfei

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: GPS positioning system has been widely used in the positioning system of a wide range of industries. By means of a high-precision GPS receiver, this paper aims to design a real-time GPS data recorder. The design of this system is based on the C8051F020 processor control system and the real-time location data received from the high precision differential GPS OEM module is stored in the CF (Compact Flash) card through the control procedure. These parts mainly include the configuration of GPS data receiver and the design of CF card storage. At the same time, this system designs the dedicated PC software which could be used in Windows operating system for reading the sector of CF cards and export the data easily, the function in this part include the selection of sector interval, the export of sector data and disk formatting, etc. Through the complete design of hardware and software in this system, a high-precision and configurable real-time GPS data recorder is designed based on the GPS OEM board, for the more, users could make a secondary development on this project. All in all, this GPS data recorder has characters of small size, portable and stable working in bad environments, and can satisfy different data records type such as single point and differential GPS. At the end, through functional test and verification test of this system, this equipment is stable and reliable.

Keywords: differential GPS; C8051F020; compact flash card; storage

0 引言

GPS (global positioning system) 是全球卫星定位系统简称, 是由美国军方所建立, 是一种利用围绕在地球固定轨道上的 24 颗卫星发射的信号来进行经纬度和高度定位的系统^[1]。基于 GPS 定位功能所研制的种类繁多的 GPS 接收机, 在航海、航空、航天、工业和其他行业中都有着广泛的应用。

为达到更高的定位精度, 往往采用差分 GPS 定位系统^[2], 其分为实时差分 and 事后差分, 需要移动站与基准站相互配合完成。根据基准站已知的精密坐标, 计算出基准站到卫星的距离修正数, 并把这一改正数实时发送至移动站, 移动站不但接收 GPS 信号, 同时也接收基准站发来的改正数, 通过实时计算对其定位结果进行修正, 进而提高了定位精度。对于事后差分, 移动站和基准站的数据在记录时不参与导航, 并且移动站不用接收基准站发来的改正数, 仅仅把移动站和基准站记录的 GPS 数据送入事后差分软件进行事后分析。通常, 采用事后差分技术处理后的定位信息可达厘米级的精度, 这种技术在海

底探测, 无人机航迹点绘制等领域有着广泛的应用。

由于 GPS 数据实时的参与到导航定位, 对于差分 GPS 尤其是事后差分数据的正确记录也是尤为重要的。CF 卡 (Compact Flash Card)^[3] 是众多移动存储介质中的一种。CF 卡以价格低、速度快、容量大、体积小等优点被广泛的应用于各种消费电子产品。此外, CF 卡由于其区别于 U 盘和 SD 卡独特的针孔结构设计使其可以应用于如振动、冲击等恶劣环境。本文采用具有 51 内核的高速单片机与 CF 卡实现了 GPS 数据的记录存储设计。

1 系统总体设计

在该 GPS 数据记录仪的设计中, 以低功耗、低成本和体积小为设计原则, 进行了系统的整体设计。如图 1 所示, 整个系统由系统硬件设计和系统软件设计组成, 硬件部分包括了 GPS OEM 板模块, 处理器 (C8051F020) 模块和存储模块 (CF 卡) 组成。OEM 板与处理器模块之间采用 RS-232 进行通信, 配置与数据交换, 处理器模块与存储模块之间则通过控制总线 and 数据总线进行 GPS 数据的存储。软件部分包括了系统软件和上位机软件, 系统软件主要涵盖了 GPS 数据接收和 CF 卡硬件驱动接口函数, 上位机软件主要完成了 CF 卡扇区数据的读取与 CF 卡的格式化操作。

收稿日期: 2017-06-21; 修回日期: 2017-07-18。

作者简介: 薛亚洲 (1990-), 男, 陕西咸阳市人, 硕士研究生, 主要从事机载测试产品方向的研究。

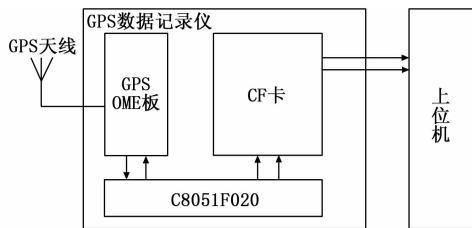


图 1 系统原理框图

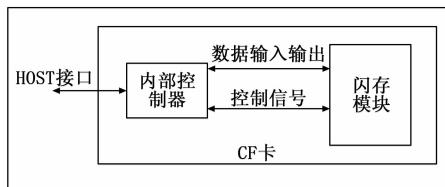


图 2 CF 卡结构图

整个系统的数据接收部分由 GPS OEM 板完成，通过不同的配置命令，可配置成单端和差分的 GPS 数据流。主控芯片用于 GPS 数据的完整接收，提供了 CF 卡初始化函数和 CF 卡硬件驱动接口函数，并在 GPS 数据包连续时间间隔内完成了把 GPS 数据完整的写入 CF 卡的某个指定扇区。上位机软件用于 PC 端与 CF 卡的交互，主要包括了 CF 卡的格式化、指定扇区或者连续扇区的内容显示和数据导出。对于非差分 GPS 数据，可在事后直接按照 OEM 板配置的内容进行数据的解析。对于事后差分 GPS，需要把 GPS 原始数据经过数据格式转换后导入到专用事后差分软件进行更精确的事后航迹定位。

2 系统硬件设计

2.1 GPS OEM 板设计选型

本文选择的是 NovAtel 公司最新推出的第六代产品中尺寸最小 (46×71×11 mm) 的 OEM 615，该 OEM 板采用了全新的软硬件设计，支持最高 50 Hz 数据输出，具有实时、事后差分功能，定位精度最高可达 1 cm+1 ppm。

OEM 615 采用全新的 OEM6 硬件平台，能够实现对 GPS、GLONASS、Galileo、BDS 多个系统的信号的接收，提高了卫星的可用性。OEM 615 提供给用户丰富的通讯接口 (3 个 LV-TTL、2 个 CAN 总线、1 个 USB 总线) 供二次开发使用。此外 OEM 615 还具有体积小、功耗低、重量轻，工业级工作温宽、抗振、抗冲击等特点。

2.2 CF 卡与处理器接口设计

Compact Flash 是由 CF 协会 (CFA) 提出的一种与 PC 机 ATA 接口标准兼容的技术。如图 2 所示，CF 卡由两个基本部分构成：内部控制器和闪存模块。CF 卡读写是通过卡内缓冲区进行的，不直接读写闪存模块，这也使 CF 卡具有很高的安全性。CF 卡的存取方式有 PC Card Memory 模式、PC Card I/O 模式以及 True IDE 三种模式，其中 True IDE^[4] 模式与 ATA/IDE 标准完全兼容，CF 卡与处理器通信信号最少，硬件接口最简单，软件相对容易实现，因此本设计采用了 True IDE 模式。此外，CF 卡可以工作在 3.3~5 V 电压，省去了与处理器之间的电平转换电路。

对于 CF 卡的开发是编写底层驱动，所以实现 CF 卡存储功能不依赖与特定的处理器芯片，针对不同的处理器芯片只需简单修改输入输出 (I/O) 端口定义即可完成该驱动的移植。本设计选用了 innodisk 公司的容量为 2 GB 的工业级 CF 卡 ICF4000。

综合性价比及芯片速度性能考虑，本文选择了 Silicon Labs 公司片内含有 CIP-51 内核的 C8051F020 单片机^[5] 作为主控芯片。C8051F020 是一种混合信号系统级单片机，支持 3.3 V 供电，工业级工作温宽，片内的 CIP-51 内核与 MCS

51 完全兼容。此外 C8051F020 单片机含有 64 KB 片内 FLASH 程序存储器，具有片内非侵入式的在线系统调试 (JTAG) 接口、4352B 的 RAM 资源、8 个 I/O 端口共 64 根 I/O 线、丰富的模拟外设、硬件实现的 SPI、I2C 和两个 UART 串行接口等资源。在 True IDE 模式下，CF 卡与处理器连接包括数据信号、控制信号与寄存器信号，其中包括了 8 跟数据总线 (D0~D8)，3 跟地址总线 (A0~A2)，2 跟寄存器组选择线 (CS0、CS1) 读写控制线 (DR、DW)。

3 统软件设计

3.1 GPS OEM 板接收配置

OEM 615 可以配置成多种不同 GPS 记录信息，这些记录信息又可以分为 3 种类型：同步信息、异步信息和轮询信息^[6]。同步信息是在固定时间间隔内周期性产生，异步信息的产生与固定时间间隔无关，由当卫星状态改变而决定，而轮询信息则是根据需求产生的。配置 OEM 615 接收机只能通过 RS-232 方式实现，可以同时三路 RS-232 输出同时进行配置。下面以配置常用的 NMEA0183 标准语句来介绍 OEM 615 板卡的配置步骤，其步骤可总结如下：

- 1) Unlogall //取消所有的数据输出；
- 2) posave off //关闭自动求平均功能；
- 3) fix none //取消坐标固定；
- 4) com com1 9600 //设置 com1 口的波特率为 9600；
- 5) log com1 gpgga on time 1 //设置 com1 的输出为 GPGGA 格式，时间间隔 1 秒；
- 6) Saveconfig //保存设置。

3.2 CF 卡存储设计

CF 卡读取数据时，内部控制器先把数据写入缓冲区，然后处理器才能从缓冲区读出数据。反之 CF 卡写入数据时，处理器先把数据写入缓冲区，然后内部控制器将缓冲区数据读入闪存模块。所以对 CF 卡的读写操作实际上就是对 CF 卡内部控制器中的寄存器进行操作。表 1 为 CF 卡寄存器地址空间映像。

表 1 CF 卡寄存器地址空间映像

读寄存器	写寄存器	偏移量
数据寄存器	数据寄存器	0H
错误寄存器	特征寄存器	1H
扇区计数器	扇区计数器	2H
扇区号寄存器	扇区号寄存器	3H
柱面号寄存器(低字节)	柱面号寄存器(低字节)	4H
柱面号寄存器(高字节)	柱面号寄存器(高字节)	5H
驱动/磁头寄存器	驱动/磁头寄存器	6H
状态寄存器	命令寄存器	7H

3.2.1 CF 卡初始化

CF 卡初始化包括了硬件复位，系统自检，模式配置和设

备信息获取等, 具体流程如图 3 所示。

当 CF 卡正确插入卡槽中时, 系统会检测相关硬件管脚 (CD1、CD0) 是否接地, 如果接地则证明 CF 卡正确接入, 否则通过通过串口打印 CF 卡缺失语句并且点亮相关 LED。随后通过短暂的拉高 CF 卡复位管脚进行硬件复位操作。当 CF 卡硬件复位完成后立即向命令寄存器写入诊断指令 (0x90), 诊断指令完成了 CF 卡内部自检测试, 可以通过读取错误寄存器的值来判断内部自检是否通过, 当错误寄存器的值为 0x01 说明自检通过且 CF 卡正常, 否则会执行相应的错误代码。而后通过配置 CF 特征寄存器使 CF 卡为 8 位读写模式并通过向命令寄存器写入设备识别命令 (0xEC) 来获取 CF 卡的基本信息。

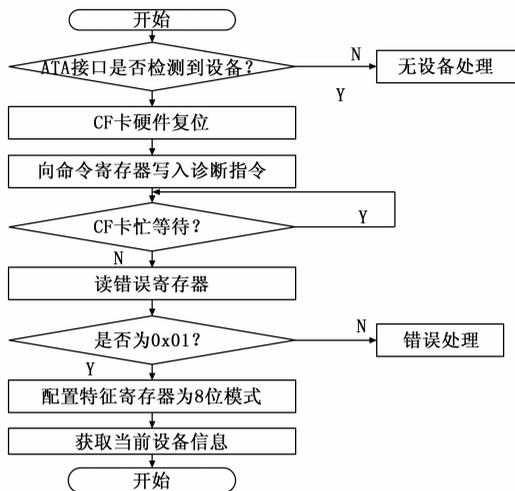


图 3 CF 卡初始化流程图

3.2.2 CF 卡扇区读写

CF 卡扇区寻址有两种方式, 物理寻址 (CHS) 和逻辑寻址 (LBA), 因为 CF 卡没有机械结构所以宜采用逻辑寻址的方式, 逻辑寻址没有磁头和磁道的转换操作, 所以在访问连续扇区时, 速度要高于物理寻址方式^[7]。扇区是 CF 卡读写的最小单位, 在进行扇区读写操作时, 需要向 CF 卡内部控制器中的寄存器写入 CF 卡寻址方式、扇区数目、数据宽度等信息, 然后写入写操作命令 30H 或读操作命令 20H。等待 CF 卡有数据请求时, 进行单个扇区或者连续扇区的读写操作, 即可完成对 CF 卡扇区的读写^[8]。流程如图 4 所示。

3.2.3 GPS 数据存储实现

经过 CF 卡初始化以后, 系统可实现对 GPS 数据的存储, 存储过程如下: 首先, C8051F020 通过配置数字交叉开关, 使能外设 UART 并与 OEM 615 的 com1 相连; 其次, 处理器会根据同步头判断接收整包 GPS 数据, 把接收到的数据依次以写扇区的方式写入到 CF 卡中; 最后, 系统初始化时会遍历所有扇区直到遇到空扇区作为下一次 GPS 数据接收的起始扇区。

4 上位机软件设计

由于 CF 卡存储数据时没有以文件系统识别的格式存储, 因此不能在 windows 系统下直接读取 CF 卡扇区数据, 需要专用上位机软件进行扇区读数和数据导出, 图 5 是针对本次设计的专用上位机软件流程图, 包括了扇区间选择, 扇区数据导出, 磁盘格式化等功能。当完成数据存储且硬件接通后, 上位机软件会首先识别硬件 CF 卡、并且根据选择的分区判断分区

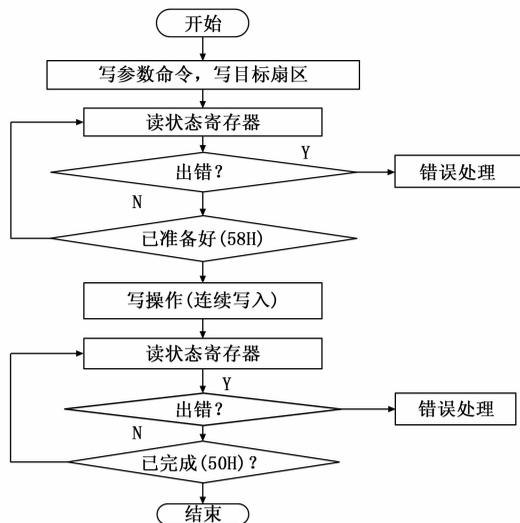


图 4 CF 卡扇区写流程图

是否存在。硬件识别后, 上位机软件会循环等待接收指令, 指令包括扇区读出、扇区数据导出与系统格式化, 扇区读取指令可以显示指定的单个扇区或者显示连续扇区, 扇区数据导出指令则把选中的扇区数据导出并存储在 PC 终端。格式化指令主要完成了给 CF 卡全部扇区写零操作。

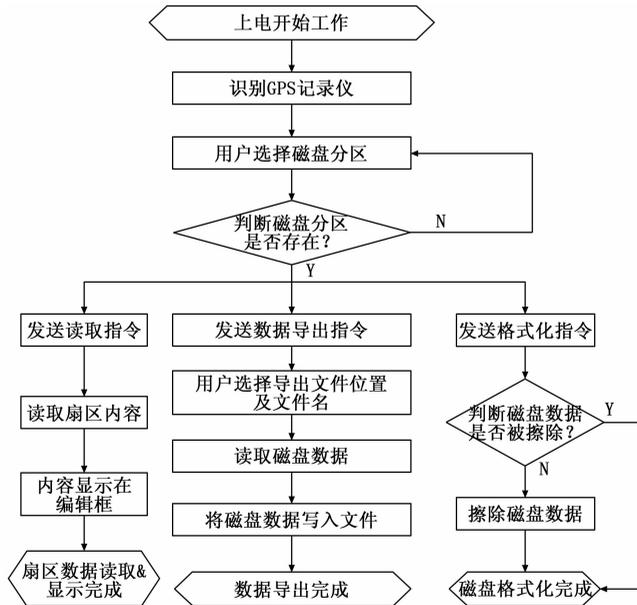


图 5 上位机软件流程

5 试验结果与分析

在上述基础上, 将设备的 GPS 数据配置为 NMEA0183 标准语句, 经过 4 小时的连续拷机存储, 通过上位机软件读取写入的扇区数据, 未发现错误存储。同时, 经过多次反复 (不低于 30 次) 的数据读写测试, 数据读写正常无误。为了验证设备的可靠性, 对设备进行了高低温试验 (-40~70 °C) 和功能振动试验 (HB-5830E 曲线), 结果均表明设备可以正常工作, 存储的 GPS 数据正确。

表 1 实验测试数据

真值	13.2	16.4	18.5	19.3	22.4	25.6	38.3	43.8	52.3	66.6	69.5	71.3	87.3	92.6	103.4	135.2
测量值	14.7	16.9	17.6	20.1	23.1	24.3	37.9	43.2	52.6	67.0	68.9	72.3	88.4	91.5	102.9	134.9

低, 但是通过实验发现在 100 mh 左右时整体上测量精度可以保持在 $\pm 5\%$ 之内。在输入待测电感值过大时已经无法满足设计的精度要求。

通过数据分析可以发现, 电感测试仪的性能还有待进一步提高。分析误差主要是有以下几个方面的原因造成: 1) 首先软件方面来说数据处理的算法有待进一步优化, 减小计算误差; 2) 其次恒流源电路的稳定性需要再次设计, 在测量的过程不可避免的受到恒电源不稳定波动的影响; 3) 另外由于设计中采用的是 STM32 自带 10 位 A/D 的进行转化, A/D 的分辨率有待进一步提高, 在改进方案中选择专门的 16 位 A/D 进行转换; 4) 最后考虑电路板和环境中干扰也会对结果造成一定的影响, 需要考虑进行干扰屏蔽处理。

4 结论

通过实验对比可以发现, 本设计完成了设计要求, 实现了电感值的检测的功能。通过本装置可以实现对电感的测量, 并且在电感值处于 15~100 mh 范围之内时, 可以保证测量的精度保持在 $\pm 5\%$ 之内, 并且在电感值处于 40~70 mh 范围之内, 电感测试仪精度可以维持在 $\pm 1\%$ 左右。通过以上分析可以发现电感值在一定的范围之内时, 本装置的测量精度是极高的。本装置具有原理简单, 使用方便, 性价比高的特点, 在一定使用的条件下特别是在小电感的检测领域内本装置可以广泛使用, 具有广阔的应用前景, 对电感的测量具有重要的实际应用意义。实际的使用过程中可以根据不同的电感类型通过按键选择对应的处理程序, 实现对不同类型电感的测量。同时本装置还运用学习算法实现对未知类型的电感自主学习记忆, 在以后的测量中如果遇到同种类型的电感可以节省测量时间。

参考文献:

[1] 李鑫, 郭玉峰, 郑鑫. 扫频式磁共振探测电感测量仪的研制[J]. 机械工程与自动化, 2016 (1): 155-157.

(上接第 297 页)

对比市面上目前已知的某款应用在无人机上的 GPS 数据记录设备, 该设计具有体积小、质量轻、功耗低 (整机功耗小于 1 W)、价格低等优点。

6 结论

本文设计实现了一种基于 C8051F020 和 CF 卡的 GPS 数据记录仪, 该记录仪具有体积小、重量轻、功耗低、可工作于恶劣环境等特点。通过上位机软件对记录数据的解析, 验证了该记录仪工作稳定, 可靠性高, 达到系统设计要求。

参考文献:

[1] 王锦, 刘鹏, 尹川等. 机载北斗/GPS/SINS 组合导航系统软硬件设计[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (3): 267-269.

- [2] 李一鸣, 荣军, 王岳斌, 等. 一种数字控制电感测量仪的设计与实现[J]. 电子器件, 2015 (5): 1210-1218.
- [3] 张保增, 李鹏, 潘泽阳, 等. 一种电动自行车充电桩的设计[J]. 微型机与应用, 2015 (6): 29-31, 34.
- [4] 东忠阁. 开关式电感测量仪的研究与设计[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [5] 韦炜. 新型电容电感测量仪的设计[J]. 现代科学仪器, 2013 (1): 69-72.
- [6] 何飞, 荣军, 黄广华, 等. 智能电阻电容电感测量仪的设计与开发[J]. 电子技术, 2013 (1): 63-65.
- [7] 江继延, 郭海生, 孙朝斌. 数字电感测量仪现场测量不确定度来源分析[J]. 计量与测试技术, 2012 (2): 51-52.
- [8] 徐华中, 周玉栋. 一种基于 DDS 的寄生电感测量仪设计[J]. 电子测量技术, 2011 (4): 14-17.
- [9] 肖鹏. 用于大型旋转机械转子故障监测的电感测量仪的研制[D]. 成都: 成都理工大学, 2008.
- [10] Luca Bruno. 构成廉价电感测量仪的单个 IC[J]. 电子设计技术, 2007 (11): 116.
- [11] 刘军, 李智. 基于单片机的高精度电容电感测量仪[J]. 国外电子测量技术, 2007 (6): 48-51.
- [12] 纪丽凤, 张廷辉. 简易电容电感测量仪的制作[J]. 辽宁师专学报 (自然科学版), 2005 (4): 17, 75.
- [13] 邹义政. 数显电感测量仪[J]. 电子制作, 2004 (1): 49-50.
- [14] 王立新, 傅崇岗, 洪智凤, 等. 一种新型数字电感测量仪的设计[J]. 仪器仪表学报, 2001, (S2): 113-114.
- [15] 刘文红. 价值工程原理在高精深孔电感测量仪优化设计上的应用[J]. 机械设计与制造, 2001 (1): 83-84.
- [16] 余俊芳. 一款无振荡线圈的电感线圈短路测试仪剖析[N]. 电子报, 2014-07-13 (009).
- [17] 刘文啸. DC/DC 变换器中电感电流检测电路的设计[J]. 电子技术与软件工程, 2013 (19): 113.

[2] 陈磊, 梁强. GPS 原理及应用简介[J]. 科技信息: 学术研究, 2008 (22): 193-195.

[3] 李建清, 李彦岑, 李桂平. 基于 CF 卡的嵌入式存储设备的设计[J]. 电子设计与应用, 2005 (8): 108-110.

[4] CF+ and Compact Flash Specification Revision 1.4 [M]. Innodesk Company, 1999.

[5] 潘逐金. C8051F 高度 SOC 单片机原理及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.

[6] OEMV Family Firmware Reference Manual. OM-20000094 Rev6 [M]. NovAtel Company, 2008.

[7] 张辉, 王军民, 罗明璋, 等. 基于 C8051F060 的高速采集存储设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2011 (2): 16-18.

[8] 张承瑞, 王金川, 王恒. CF 卡与单片机接口设计及编程[J]. 山东大学学报工学版, 2004, 36 (6): 13-15.