

基于 GP4020 的 GPS 接收平台的设计及实现

陈 凯, 陈佳品, 李振波

(薄膜与微细技术教育部重点实验室, 微米纳米加工技术国家级重点实验室,
上海交通大学 微纳科学技术研究院, 上海 200240)

摘 要: 介绍了一种基于 GP4020 的 GPS 信号处理平台的具体实现. 该平台采用 GP2015 芯片作为 GPS 接收机的射频前端, 使用 ZARLINK 公司推出的 GP4020 芯片进行 GPS 信号的基带处理, 该芯片内嵌 ARM7 核作为微处理器, 在上位机显示处理结果. 具体包括了接收机外围扩展电路的设计以及软件开发环境的建立和软件开发过程. 该平台可用以测试不同的 GPS 算法, 扩展性强, 应用前景广泛.

关键词: GPS 接收机; GP4020; ARM; 基带信号处理

中图分类号: P228.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0212-04

Design and Implementation of GPS Signal Processing Platform Based on GP4020

CHEN Kai, CHEN Jia-pin, LI Zhen-bo

(Key Laboratory for Thin Film and Micro-fabrication of Ministry of Education,
Research Institute of Micro/Nano Science and Technology, SJTU, Shanghai 200240, China)

Abstract: This paper describes the implementation of GPS signal processing platform based on GP4020. The platform uses GP2015 as RF front end of the GPS receiver. GP4020 with ARM7 microprocessor is used to process the GPS signal in baseband. The upper computer displays the processing results. This paper describes the design of the extended circuit to the GP4020, the building of software environment as well as the development of software. The platform can be used to test different GPS algorithms.

Key words: GPS receiver; GP4020; ARM; baseband signal processing

1 引言

GPS 是一个具有在海、陆、空进行实时全方位导航、定位和授时能力的卫星系统, 用户只需通过 GPS 接收器即可以实现 GPS 信号的捕获、跟踪、解码和测量, 实时解算出自身的三维位置、速度和时间. 目前, GPS 接收机的应用价值和市场需求正变得越来越大. 文中利用 ARM 微控制器的可编程特性, 开发了一个具有较大灵活度及扩展性能的 GPS 数字信号处理平台, 并在此平台上进行了软件的开发和设计.

2 平台总体设计

一个完整的 GPS 信号处理平台一般包括射频前端、数字相关器、数字基带处理器以及上位机显示界面. 首先射频前端芯片对卫星广播的射频信号进行放大和下变频处理, 采样为中频数字信号流, 再通过 12 通道数字相关器变换至基带, 配合一个 ARM7 微控制器完成数字基带处理, 经解调解扩得到导航电文, 最终将信号实时处理结果显示在上位机上. 整个平台的结构如图 1 所示^[1].

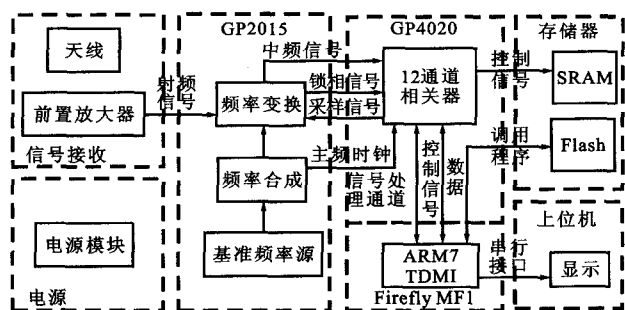


图1 GPS信号接收机系统框图

3 基于 GP4020 的硬件部分设计

3.1 射频前端

射频接收前端用 GP2015 RF 芯片实现。模块结构如图 2 所示。

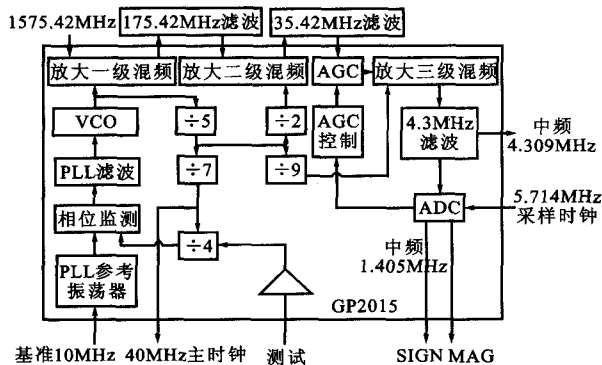


图2 RF前端模块图

射频前端将接收到的 1575.42MHz 模拟信号 (L1 波段) 送入低噪声放大器后, 经过三级下变频至中频 4.309MHz, A/D 采样后得到 1.405MHz 的 2 位中频数字信号即符号位 (SIGN)、模值位 (MAG), 以及频率为 5.714MHz 的数字采样时钟。它们被输出至 GP4020 的数字相关器作相关运算。其中, 第一级中心频率为 175.42MHz 的变频滤波器的是参考芯片的数据手册进行设计的。第二级中心频率为 35.42MHz 的滤波器由于其频率特性对整个系统的精度影响较大, 因而使用的是 Murata 公司的 SAF-JA35M4WC0Z00 矩状滤波器^[2]。

3.2 ARM 数字基带处理

文中使用 Zarlink 公司的 GP4020 芯片来实现基带处理的功能, 该控制器内含 ARM7TDMI 微处理器及外围接口模块。这种数字处理系统集成水平高, 可以减少 GPS 接收机的系统成本, 并降低了功耗。

GP4020 的相关器部分包括 12 个相同的跟踪功能模块, 每个通道包含对于捕获和跟踪必需的所有

元器件, 以及其他功能模块。如果不需要 12 通道, 单个通道可以不激活, 以降低功耗和处理器的负载。芯片内部包括 12 通道的 Navstar GPS C/A 码相关器 (12 - channel Navstar GPS C/A code correlator), Zarlink Firefly MF1 微处理器核 (包含 ARM7TDMI Thumb 微处理器), 实时时钟, 8KB 片上 SRAM 和 1 KB 引导 ROM, 8 位通用输入/输出接口, 调试用 JTAG 或者 SSM 串行通道, 系统定时器/计数器, 3 线串行接口 BSIO, 看门狗, 具有 25ns 分辨率的 1PPS (Pulse - Per - Second) 输出, 灵活的系统时钟发生器能够使用来自晶体振荡器或者射频前端 TCXO 的时钟源。GP4020 具有完全可配置的存储器接口, 允许使用 16 位的外部存储器^[3-4]。

如图 1 所示, GP4020 接收 GP2015 提供的锁相后的卫星信号, 主频时钟信号和中频信号, 并为 GP2015 提供采样信号。两者间的连接方式如图 3 所示。

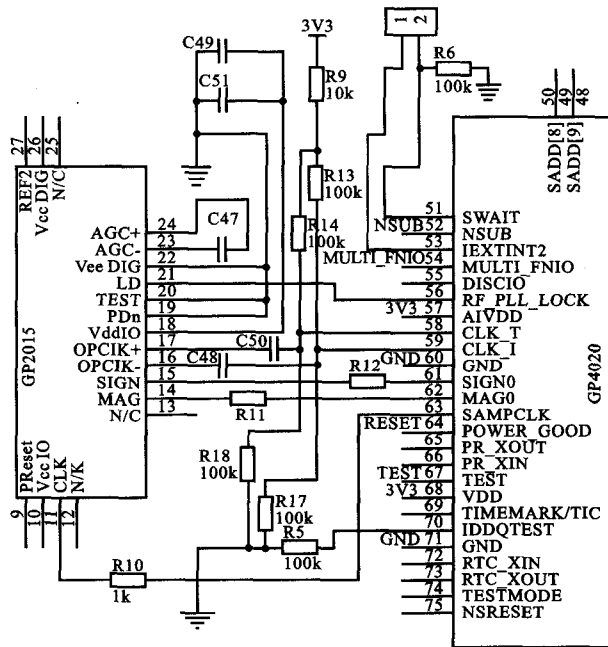


图3 GP4020与GP2015连接局部设计图

3.3 存储模块和通信接口

FLASH 使用的是 ST 公司的 8M(512K x16) 容量 SST39VF800A 芯片, 由片选信号 NSCS[0] 选通。使用 IS61LV25616AL 芯片来扩展 SRAM, 容量为 2Mb, 由片选信号 NSCS[1] 选通。

接收机中设计了两种接口: 一种是 JTAG 调试接口, 连接 JTAG 仿真器; 另一种是 RS232 通信串口, 用于与主机通信。本设计中采用 RS-232 的电平转换芯片 SP3232 实现串口通信。设计中包括两

个串口,其中串口 1 的作用有:(1)用以在 GP4020 的片内 SRAM 内下载 bootstrap 的引导程序,以实现在片外 SRAM 及 FLASH 内下载程序。(2)在片外 FLASH 中下载 eCOS 的配置程序。(3)下载 GPS 程序到片外 FLASH. 下载完成后,将 GP4020 的 MULTI_FNIO 管脚接地. 串口 2 的作用是在平台运行时与上位机进行通信.

4 基于 eCOS 系统的软件部分设计

4.1 eCos 在 ARM7 上的移植

嵌入式可配置操作系统 eCOS^[1] (Embedded Configurable Operating System)是针对 RAM 记忆体资源只有数十 KB 至数百 KB 间的装置而设计,同时也是针对即时运作而设计,它可以用在记忆体不足以支援嵌入式 Linux 执行的应用场合,因为就一般而言嵌入式 Linux 至少要 2MB 左右的 RAM 记忆体空间才能执行,且还不包含應用程式及服务程式等的记忆体需求. 与 Linux 相比具有配置灵活和节省资源的优势,非常适合小型嵌入式系统的开发. 本文采用的就是该操作系统^[5].

移植从 RedBoot 开始,Redboot 是位于硬件抽象层之上的命令行接口. 硬件抽象层移植到目标版中后,RedBoot 能将程序加载到目标板的 ROM 中,并且能在目标板上调试代码. 具体过程如下:首先拷贝相近的硬件抽象层 HAL 作为新平台的起始模板,然后再对文件进行修改以适应新硬件平台. 接着再将平台添加进 eCos 数据库,以便可以利用配置工具来生成新平台映像.

4.2 软件结构

GPS 接收机软件的结构如图 4 所示. 基带处理流程主要由主程序和中断服务程序组成. 在主程序中主要进行初始化过程,计算卫星及用户位置,数据的传输和存储. GP4020 中的相关器的中断信号时间设为 500μ 秒,这样每隔 500μ 秒,相关器就会发送中断信号,通知 CPU 进入中断服务程序. eCOS 内核为系统中的线程提供了彼此间通信以及同步访问共享资源的机制,通过设置标志量 flags,信号量 semaphores 来使适当的线程得到执行. 这样可以减少响应时间以及特定时间内的运算量.

在软件设计上采用的是基于任务的线程模式. 每个任务都被模块化,有独立的代码和头文件,并且有单一的线程和数据结构. 这使得便于添加和插入新的任务以及测试不同算法. 并且在任务的执行上通过赋予不同的优先级来使得对时间要求比较高的

任务得到优先执行.

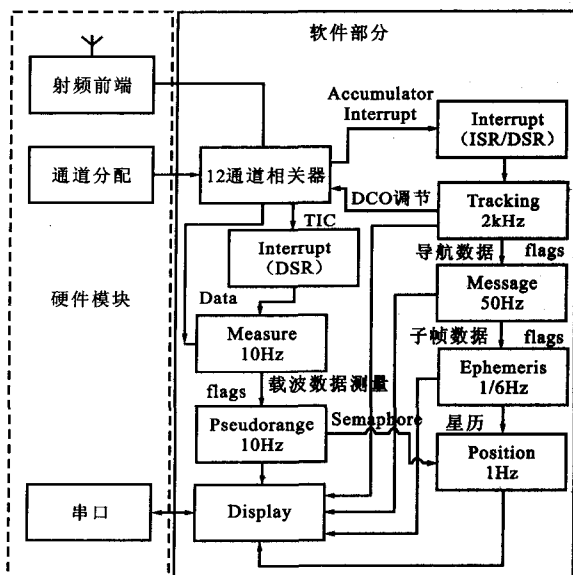


图 4 GPS 接收机软件部分原理图

具体过程是,首先从相关器中接收中断请求,调用 Tracking 进程进行跟踪. 跟踪分为 3 个过程:(1)从相关器获取数据,进行信号的捕获以及载波和码频率的获取,并反馈给相关器. 并将确认计数器加 1,当连续 10 次确认成功后进入跟踪状态.(2)利用锁相环和锁频环对信号进行跟踪. 跟踪成功后进入锁定状态.(3)在此状态下每隔 20ms 读取一个 bit 导航数据,然后与数据信息的 TOW 进行时间同步. GP4020 的相关器可实现对单个通道的单独操作,因此当没有卫星在视野范围内时,可将通道关闭,当一次搜索到新的卫星时可再得到分配,这样可以减少运算时间并降低能耗. 在导航数据读取完成后,调用 Message 进程读取 30bit 的导航数据进去校验,并读取 GPS 字. 接着在 Ephemeris 进程提取星历信息.

同时根据定时器 TIC 每隔 0.999999 秒调用 Measure 进程,如果跟踪已经进入锁定状态,则读取码片和载波的频率相位信息等用以计算伪距. 在 Measure 线程结束后置位 Pseudorange 的标志量,即可调用该线程得到伪距.

最后在 Position 线程中利用伪距和星历信息计算得到用户的位置以及其它信息,并显示出来.

5 实验结果

经过串口与平台进行通信,实时显示可见卫星的 PRN 号、方位、时间以及接收机所处经纬度和海拔等信息,并可观测各线程的工作状态和实时数据. 在定位过程中,第一次启动,即冷启动时的定位时间

小于 2 分钟.热启动的定位时间小于 0.5 分钟.本地的实际经度为 121.44083,纬度为 31.03098.定位八次后的结果以及误差如表 1 所示,其中

表 1 定位结果及误差分析

	1	2	3	4	5	6	7	8
经度(°)	121.44059	121.44029	121.44051	121.44052	121.44135	121.44046	121.44045	121.44034
纬度(°)	31.03091	31.03111	31.0307	31.03103	31.03088	31.03109	31.03103	31.03105
实际误差(m)	24.15714	53.44662	43.57972	30.057422	50.78130	37.31752	36.63312	47.33461

由结果可知平均误差约为 40 米,基本可以实现定位功能.而本设计的目的是提供一个 GPS 的接受平台,因此随着对算法的改进,精度可以进一步提高[6].

6 结束语

文中通过采用以 GP4020 为核心的平台设计,通过 ARM 微控制器进行控制和计算,成功实现了卫星捕获、跟踪和接收机定位.该平台有很高的灵活性和实用性,可以快速验证和改进各种捕获,跟踪算法和定位算法,缩短研发周期.具有可扩展性,可通过利用一些辅助算法和设备来改善定位精度.同时也可做成模块,应用于其他一些项目和实验中.

参考文献:

[1] 唐恒娟,吕林涛,王继晖. eCos 系统移植分析与应用[J]. 微电子学与计算机,2006,23(3):55-58.

[2] Elliott D Kaplan, Christopher J Hegarty. Understanding GPS: principles and applications[M]. 2nd ed. USA, Norwood, Artech House Publishers, 2006:164-165.
[3] 孙礼,王银锋,何川. GPS 信号捕获与跟踪策略确定及实现[J]. 北京航空航天大学学报,1999,25(2):134.
[4] 李天文. GPS 原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2004:80-82.
[5] 樊昌信,张甫翊,徐炳祥,等. 通信原理[M].5 版. 北京:国防工业出版社,2002:353-354.
[6] 杜春雷. ARM 体系结构与编程[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

作者简介:

陈凯 男,(1986-),硕士研究生.研究方向为嵌入式系统设计、系统控制与信息处理.
陈佳品 男,(1960-),教授,博士生导师.研究方向为机电系统与智能微机器人.
李振波 男,(1974-),博士,副教授.研究方向为微电子机械系统及其控制、微纳机器人.

(上接第 211 页)

[5] Han C H, Kim J K, Choi S H. Prioritizing engineering characteristics in quality function deployment with incomplete information: a linear partial ordering approach[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 91(3):235-249.
[6] 李延来,唐加福,姚建明,等. 质量功能展开中关联关系确定的粗糙集方法[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(8):1650-1657.
[7] 古莹奎,黄洪钟,孙占全. 质量屋在产品生命周期配置中的应用[J]. 中国机械工程,2003,14(24):2134-2137.
[8] 刘霞,李怀璋,王青. 基于 ISO9000 和 CMMs 的需求开发和需求管理平台框架的研究[J]. 微电子学与计算机,2002,19(2):50-54.

[9] 程丹,吴清烈. 模糊层次法在大规模定制客户需求评估中的应用[J]. 价值工程,2008(11):102-105.
[10] 林志航. 产品配置与制造质量工程[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

作者简介:

张超 男,(1982-),硕士研究生.研究方向为制造业信息化、产品配置设计.
刘夫云 男,(1968-),博士,教授.研究方向为产品现代设计理论及方法、制造业信息化等.
贾焕香 女,(1981-),硕士研究生.研究方向为无线传感器网络.