

基于 GP2010 的 GPS 接收机前端模块实现

胡 辉, 叶鑫华

(华东交通大学 信息工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 为了研制自主知识产权的 GPS 接收机, 首先要设计合理的 GPS 接收机前端模块. 结合 GPS 接收机的工作原理, 提出了切实可行 GPS 接收机的前端电路实现方案, 给出了相应的实验数据, 并对其中的关键模块及器件选取进行了详细的介绍. 结果表明, 该前端电路硬件平台是稳定可靠的.

关键词: GPS 接收机; GP2010; 射频前端

中图分类号: TN965.5

文献标识码: A

GPS 是 Global Positioning System 的简称. 它是美国国防部的第二代卫星导航系统. 该系统包括 GPS 卫星星座、地面监控系统和 GPS 信号接收机三大部分. 自从 1996 年以来, GPS 定位系统已进入正式工作阶段, 并能提供全球覆盖、全天候、全天时连续定位、导航和授时.

国外拥有自主知识产权 GPS 接收机的知名企业有 Trimble、Magellan、Novatel、TOPCON 等公司. 国内也有多家科研院所从事 GPS 产品研发, 但主要是在国外现有 GPS OEM 板的基础上进行应用层开发, 缺乏对接收机关键技术的掌握.

西方发达国家对出口到我国的 GPS 接收机都设置了技术指标限制, 以防止产品用于军工领域^[1], 这些指标包括: 动态速度小于 515 m/s、工作高度小于 18 km、加速度小于 4 m/s²、加加速度小于 1 m/s³. 因

此, 有必要进行具有自主知识产权的 GPS 接收机的研制, 完善卫星导航产业链. 这是工作的研究背景. 主要讨论 GPS 接收机前端模块的硬件实现, 对其它部分不做详细介绍.

GPS 接收机前端模块是 GPS 接收机最基础的部分, 各种 GPS 接收机(包括基于 ARM、基于 DSP、基于通用计算机、或软件接收机)都离不开这部分电路, 且 GPS 接收机性能的优劣很大程度上取决于这部分的设计. 基于 Zarlink 公司生产的 GP2010, 从电路设计、元器件选型等各个角度分析了前端模块设计中的主要因素, 同时还提供了测试数据和图形.

1 GPS 接收机前端模块硬件设计

前端模块总体方框图如图 1 所示.

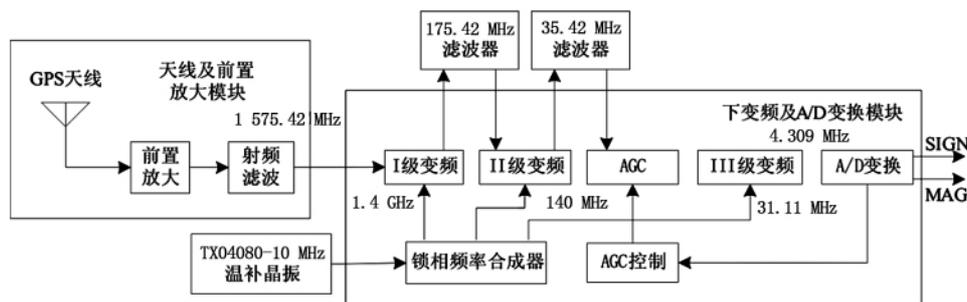


图 1 前端模块总体框图

收稿日期: 2008-05-16

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ08243)

作者简介: 胡辉(1970-), 男, 江西南昌人, 副教授, 博士, 研究方向为卫星导航定位与并行计算技术.

(1) 天线及前置放大模块. 天线主要是将极其微弱的卫星信号转化成相应的电流信号, 而前置放大器则是将 GPS 信号进行放大. 由于在 GPS 接收机中各单元的内部噪声对级联后总噪声系数的影响不相同, 级数越靠前的噪声系数对总噪声系数的影响越大, 而前置放大器信号进入接收机后的第一次放大, 所以该级的噪声大小将直接影响接收机的整体性能, 因此该级的器件选用至关重要.

(2) 下变频及 A/D 变换模块. 该模块完全由硬件实现, 研制的难点在于其信号的高频特性及微弱特

性. 由于 GPS 接收机工作频率为 1 575.42 MHz, 而天线的 GPS 信号信噪比为 -19 dB, 这就为调试带来了困难. 另外, 高频信号相互干扰, PCB 板布线及元器件摆放不同均会引起电路分布参数变化, 因而要求前端有缜密的变频、滤波及增益分配方案. 本模块以 Zarlink 公司的 GP2010 为核心构成. 它具有 44 引脚, SMQFP 封装, 主要集成了频率合成器、混频器、自动增益控制电路以及数字量化器等. 图 2 为下变频及 A/D 变换模块. 下面就针对 GP2010 及外围电路进行介绍.

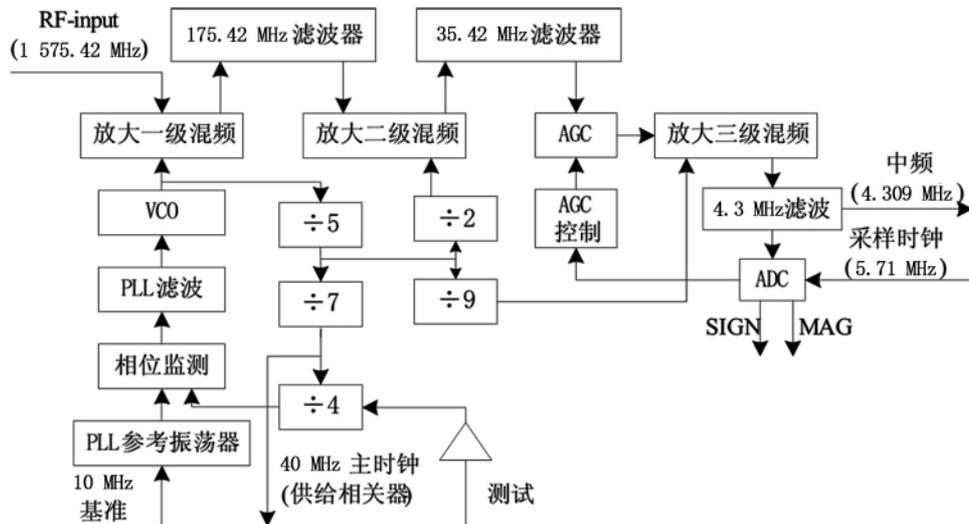


图 2 基于 GP2010 的下变频及 A/D 变换模块

下变频及 A/D 变换模块的输入是 L1 波段的 GPS 信号. 卫星导航电文码速率为 50 bps, 以 BPSK 方式调制于 1 575.42 MHz 载波上, 扩频码速率为 1.023 Mbps 的 GPS 卫星信号. 信号频谱宽为 2.046 MHz, 到达天线端的信号电平均为 -130 dBm, 而背景噪声电平为 -111 dBm, 有用信号是深埋于噪声中的^[2].

变频方案如下所示:

$$1\ 575.42\ \text{MHz} \xrightarrow{14\ \text{GHz}} 175.42\ \text{MHz} \xrightarrow{140\ \text{MHz}} 35.42\ \text{MHz} \xrightarrow{31\ 111\ \text{MHz}} 4.309\ \text{MHz}$$

A/D 变换部分:

4.309 MHz 中频信号进入 ADC 进行 2 bit 量化, 把模拟信号转换为二位数字信号——符号和模 (SIGN 和 MAG). SIGN 和 MAG 信号被相关器提供的时钟信号 (5.714 MHz) 锁定, 锁定后使 4.309 MHz 的信号变频到 1.405 MHz 的数字信号, 该数字信号被输出至相关器等待进一步处理.

增益分配方案:

GPS 信号是带宽为 2.046 MHz 的扩频调制信号. 由于 GPS 信号是深埋于背景噪声中, 无论是信号的放大、滤波还是混频, 都是对掩埋于信号中的噪声起作用, 而不是对 GPS 信号本身起作用, 此时的信噪比是负值, 只有完成解扩后才能得到一个正的信噪比. 已知背景噪声功率为 -174 dBm/Hz, 本模块最大增益设计为 106 dB, 中频滤波器的最大插入损耗为 21 dB, 保证本模块输出能量大于 -7 dBm, 因此, 前置低噪放大器的增益必须 G_{out} 满足:

$$-7\ \text{dBm} \leq -17\ \text{dBm/Hz} + 63\ \text{dB} - 21\ \text{dB} - G_{\text{out}} + 106\ \text{dB} \quad (1)$$

所以 $G_{\text{out}} > 19\ \text{dB}$ 即可, 本方案中取 $G_{\text{out}} = 21\ \text{dB}$ 满足要求.

(3) 前端模块电路的频率最高达 1.5 GHz, 故从原理图设计及 PCB 板图绘制、元件选型、电路实现、系统调试等各个环节都必须考虑电路的高频特性. 图 3 是 GPS 接收机前端模块原理图.

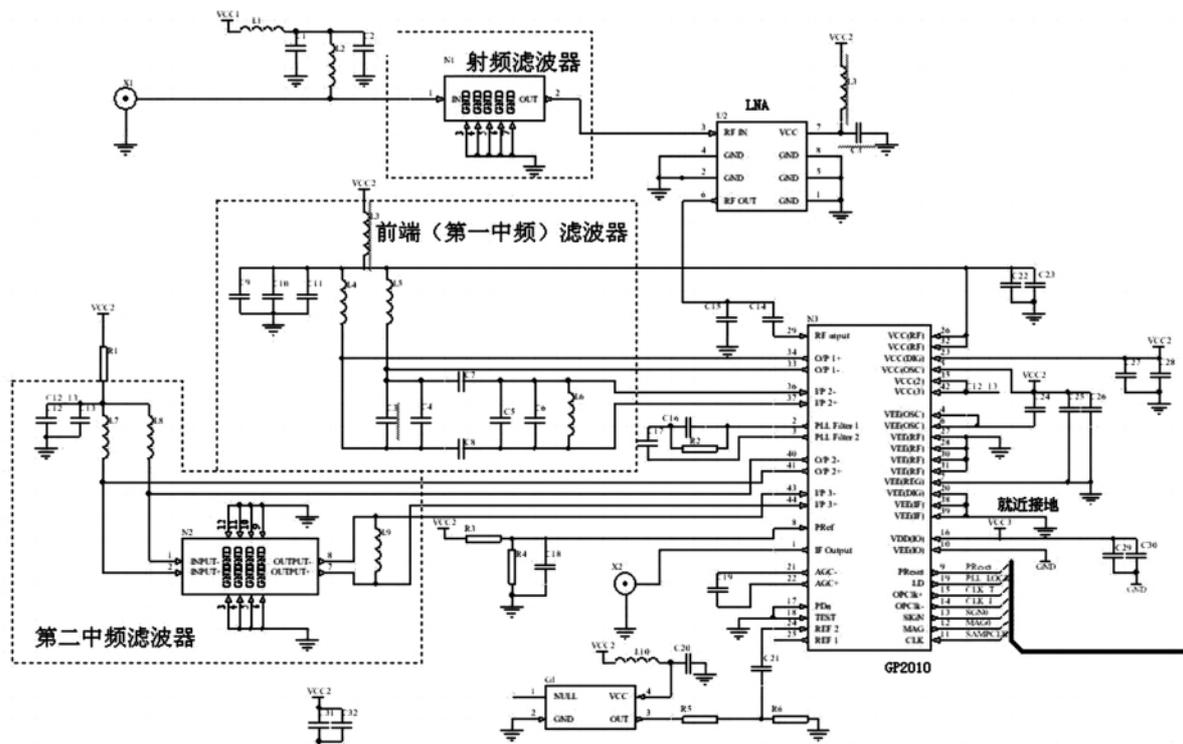


图3 GPS接收机前端模块原理图

2 关键元器件的选用

元件的选型在前端模块颇为重要,下面给出了一些关键元件的选用情况:

(1) 前置低噪声放大器(LNA)选择M/A-COM公司生产的MAAM12021,它具有低噪声系数(1.5 dB)高增益(21 dB),其工作频段处于1.5~1.6 GHz,满足C/A码GPS接收机的带宽指标,并且具有高动态范围及较低的电源消耗。

(2) 射频前端电路元件选型.射频前端滤波电容的选取必须注意其温度、频率和精度特性.材质对电容性能的影响很大,COG(NPO)材质特性温度频率稳定性最好,X7R次之,Y5V(Z5U)最差,实验表明,我们在选用电容时宜选用COG(NPO)材质,第一中频滤波器(中心频率175.42 MHz)滤波电容至少选用精度B档($\pm 0.1 P$)或J档(即 $\pm 5\%$).

例如我们选0805封装、COG材质、3.3 PF、耐压50 V型号CL21C3R3BBAANNC的电容器,它的频率特性图4所示。

从图4可以看到在100 MHz至1 000 MHz基本上还较平缓,在1 000 MHz电容值变为3.68 PF,在临近3 G时容值几乎达到了100 PF,因此其适用频率范围为1 GHz以下。

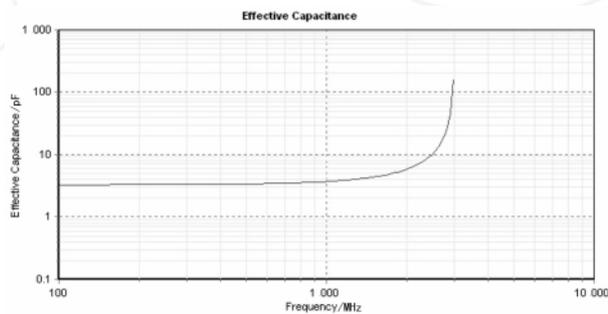


图4 电容频率特性曲线

前端模块电感的选取也须注意相应的频率特性.贴片电感也主要有4种类型,即绕线型、叠层型、编织型和薄膜片式,常用的是绕线式和叠层式两种类型,由于叠层式电感量值较小、Q值低,所以在本次实现中我们选用了Coilcraft公司生产的陶瓷芯绕线片式电感器,它能够保持稳定的电感量和相当高的Q值.图5是电感的频率特性曲线,从图中可以看出,从3 nH-68 nH 200 MHz以下频率特性曲线基本上是一条直线,我们的中频最高频率为175.42 MHz,所以选用此类电感是合乎要求的。

(3) 第二中频滤波器的选取,该级滤波器决定整个接收机的带宽,该级滤波器主要由一个中心频率为35.42 MHz的声表面滤波器(SAW)滤除组成,用以滤除带外干扰和混频产生的谐波成分.故选用了Dynex公司的DW9255声表面滤波器,该滤波器在2 MHz的C/A码GPS信号带宽内衰减0.8 dB,对带外信号产

生大于 20 dB 的衰减,有陡峭的过渡带特性的频率特性。

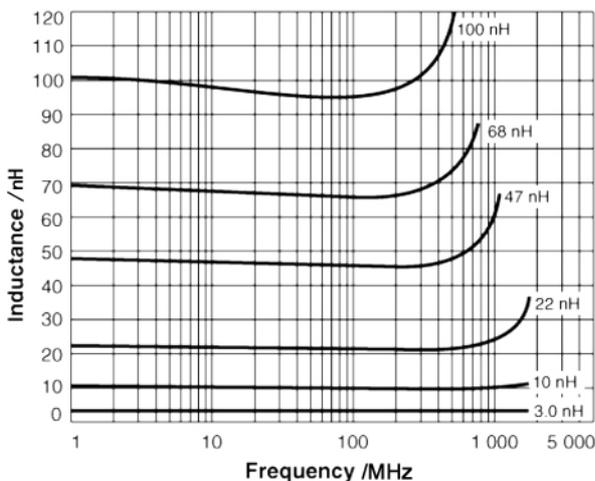


图5 电感频率特性曲线

(4) 10 M 基准晶体选用了 RAKON 公司的 T7505BE - 10.0 MHz,工作频率 10 MHz,输出正弦波.该器件的尺寸为 18.3 × 11.7 × 7.7 mm,具有低于 1 ppm 的频率稳定性能,且工作温度范围从 -40°C 到 85°C.

3 实验调试及结果分析

用示波器观察 GP2010 第 14、15 引脚,如锁相环正常工作则应输出 40 MHz 的反相和正相波.经观测,方波的频率为 40 MHz.而且锁相环正常时 GP2010 的 19 引脚会锁定高电平.如不能出现上述波形,则应观察基准时钟及相应的锁相环外围电路、供电电压等。

用示波器观察 GP2010 第 12、13 引脚,可以看到两个时间和幅度上都离散化的信号序列.如不能出现上述波形,除了观察前端模块外,还应观察 GP2010 第 11 脚的 5.714 MHz 采样时钟。

由于前端模块有用信号是淹没在噪声中的,而且包括了多颗卫星的信号,示波器无法对 3 次变频信号进行观察,但可以用频谱仪在 GP2010 第 1 引脚(IF - OUT)测得带宽为 2.046 MHz 的波形(见图 6),说明前端电路下变频及各滤波模块已正常工作.通过多次实验发现,若 IF - OUT 脚输出图 6 波形,前端电路均可正常工作。

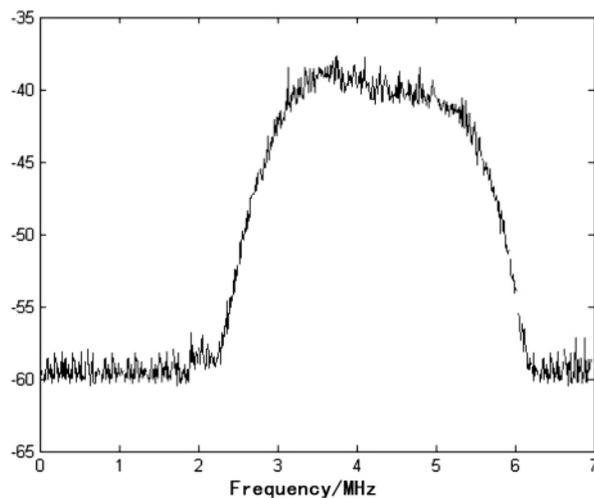


图6 IF - OUT 输出

本文研制的前端模块已和 GP2021 实现了很好的连接,在与 DSP(TMS320C6711)及相应的软件配合工作后取得了较好的定位效果,图 7 是将此实验板与 DSP 连接后运行的定位结果.测试点为华东交通大学教 4 幢 4 楼数字信号处理实验室,天线位置 4

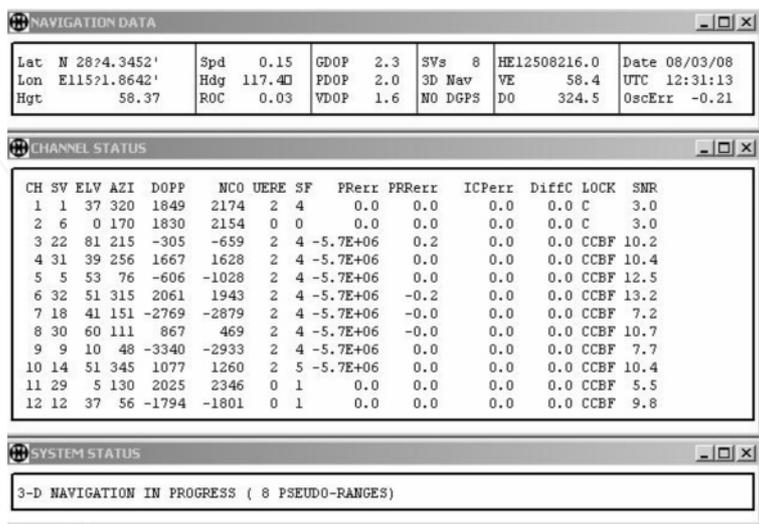


图7 定位结果图

幢屋顶,时间 2008 年 3 月 8 日,结果显示了实验室的经、纬度、高度及当时的测量时间.此平台连续工作了一整天,没有出现死机或其他异常情况,定位结果正常,这说明前端电路板性能稳定可靠.

4 结束语

这一款采用 GP2010 芯片设计的 GPS 射频前端,具有体积小、功耗低的特点,总体性能较优.整个设计方案包括天线前置放大模块、下变频及 A/D 变换模块.由于本文重点讨论 GPS 前端模块的实现,对于 GP2021 及 DSP 等硬件设计不是本文考虑的重点,相关资料请参见文献[3、4].本文所设计实现的

前端模块已应用在速度 8 km/s,加速度 49 m/s^2 ,加加速度 9.8 m/s^3 ,位置精度 20 m 的 GPS 软件接收机中.

参考文献:

- [1] 胡 辉.高动态数字化 GPS 接收机的研制[R].上海:上海航天局博士后工作站,2002.
- [2] Elliott D. Kaplan, Christopher J. Hegarty. GPS 原理及应用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [3] 黄智伟. GPS 接收机电路设计[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [4] 李方慧,王 飞,何佩琨. TMS320C6000 系列 DSPs 原理及应用[M].北京:电子工业出版社,2003.

Implementation of GPS Front – end Circuit Based on GP2010

HU Hui ,YE Xin – hua

(School of Information Engineering ,East China Jiaotong University ,Nanchang 330013 ,China)

Abstract: In order to develop a GPS receiver with our own intellectual property ,the most important step is to design a practical GPS Front – end module ,which enables us to constantly receive GPS signals from the satellites. In this paper ,we put forward practicable GPS receiver front – end circuit scheme and give the corresponding experimental data based on the working principle of GPS receiver ,and introduce more details about key modules and components selected in the experiment. Ultimately ,the result of the experiment shows that the hardware platform of front – end circuit is fairly stable and reliable enough to receive the GPS signals.

Key words: GPS receiver; GP2010; front – end

(责任编辑: 刘棉玲)