 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i8.7008

# Design of a multi-channel Beidou/GPS RF front-end module

**Xiangzhi Liu**

Nanjing Panda Handa Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

**Abstract**

At present, Beidou/GPS navigation has become increasingly popular among the general public. With the continuous development of the national economy, Beidou/GPS applications will become more and more popular, and the RF front-end is an essential part of the Beidou/GPS system. Introduced the design of a multi-channel Beidou RF front-end module. Its main functions include receiving, amplifying, and filtering signals from multiple frequency points such as S, B3, B1/L1. It also has a 10W power amplifier amplification and automatic power amplifier activation function for the Beidou transmission L frequency point.

**Keywords**

Beidou/GPS Navigation; Low noise amplifier; Signal frequency selective filtering; Power amplifier PA

# 一种多通道北斗 /GPS 射频前端模块设计

刘相志

南京熊猫汉达科技有限公司，中国 · 江苏 南京 210000

**摘　要**

目前北斗/GPS导航已经越来越平民化，随着国民经济水平进一步的不断发展，北斗/GPS应用会越来越普及，在北斗/GPS系统中射频前端是必不可少的一环节。介绍了一种多通道北斗射频前端模块的设计。其主要功能包含有S、B3、B1/L1多个频点信号的接收、放大及滤波，同时还具备北斗发射L频点的10W功放放大及自动开启功放功能。

**关键词**

北斗/GPS导航；低噪放信号放大；信号选频滤波；功放PA

## 1 引言

在北斗 /GPS 导航通信系统中，射频前端是对整体性能起到决定性的影响因素之一。良好的接收射频前端可以把需要的信号频率选择出来，有效地滤除非相干频率；同时也实现完美的小信号放大，拥有极小的噪声系数和高增益。而发射链路的功放主要实现把信号按指标要求放大。当接收与发射同时工作时主要的问题除了各自的技术外还需要重视收发干扰而影响的通道阻塞。该模块系统应用简单、集成度高、体积小、功耗低等特点。可以广泛地应用于各类北斗通信终端，包括车载型、手持型、数传型等 [1]。

## 2 总体技术设计方案

总体设计方案如图 1 所示。系统单元板集成了 S2c 接收 LNA 电路、上下变频芯片电路、5W 功放芯片电路、10MHz 时钟参考电路、数字基带处理电路、复位电路等。

### 2.1 接收低噪放 LNA 设计方案

由于低噪放LNA对增益的要求都需要达到25dB以上，可以采用两级放大结构。第一级放大主要体现在低噪声系数，噪声系数小于 0.7dB; 增益可以控制在 13dB。第二级主要采用高增益放大，增益可以控制在 15dB, 噪声系数可以放宽到 1.5dB 以内。第一级的滤波器对信号选频起到关键作用，它可以把非相干频率信号过滤掉，降低通道信号阻塞的可能性；同时此滤波器对整体的接收性能有影响，需要插入损耗非常小，否则会增大整个接收 LNA 的噪声系数。根据噪声系数计算公式：

$$NF = F1 + \frac{F2-1}{G1 \times G2} + \frac{F3-1}{G1 \times G2 \times G3} + \ldots + \frac{Fn-1}{G1 \times G2 \times G3 \times \ldots \times Gn} \quad (2\text{-}1)$$

上式可以看出，越是前级的元件的噪声系数性能对整个接收通道的性能影响越大；所以第一级的滤波器和第一级放大器的噪声系数性能是影响整个接收通道噪声系数的关键。第一级的滤波器一般为无源介质滤波器，其噪声系数直接由传输插损起决定性影响，故要求对应相关带宽的插损非常小，同时非相关带宽插损越大对带外抑制越好。接收低噪放 LNA 设计原理框图如图 2 所示。

【作者简介】刘相志（1991–），男，硕士，工程师，从事嵌入式系统、射频信号处理研究。

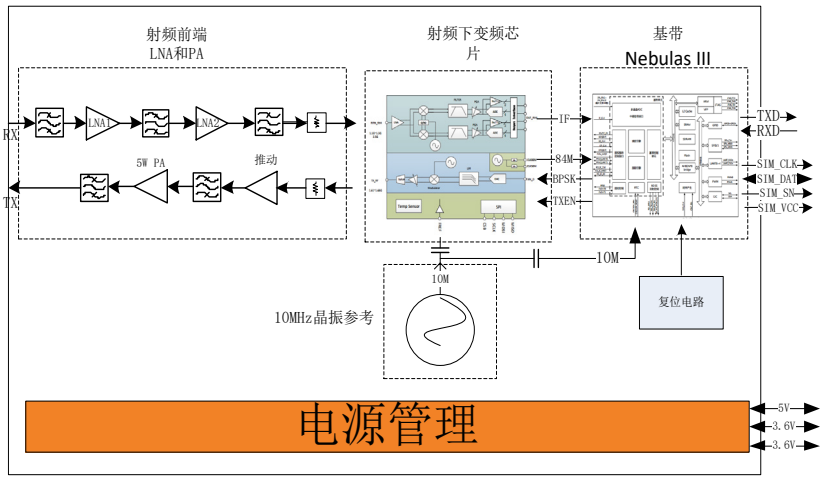


图 1 总体设计图

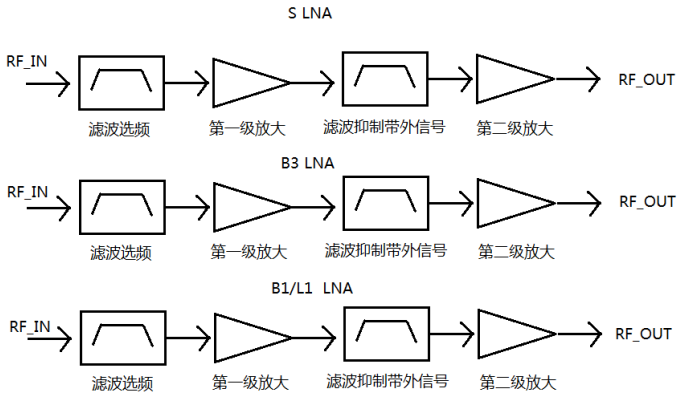


图 2 接收低噪放 LNA 设计原理框图

第一级低噪放芯片为一款高性能 LNA 芯片，其工作频段为 2GHz~6GHz，噪声系数典型值为 0.56dB，增益为 18dB，输入 P1dB 为 0dBm，体积为 2.0mmmm×2.0mm×0.8mm，非常合适小型化设备使用。

第二级采用声表滤波器带内插损最大为 2.5dB。在有特殊要求应用场情中可以使用“FBAR”高抑制滤波器，但高抑制滤波器插损要比普通声表滤波器大约 1dB 并且成本也要比普通声表滤波器贵。“FBAR”滤皮器对 4G 通信、WIFI 信号等靠近北斗 S2c 频点的相邻信号有非常好的抑制作用。

第二级低噪放芯片工作频段为 5MHz~4GHz，在 2.5GHz 处的增益达到 25dB 噪声系数为 2dB，合适小型化设备使用。

第三级滤波器采用普通声表滤波器插损约在 2.5dB。

整个 LNA 仿真性能如图 3 所示。

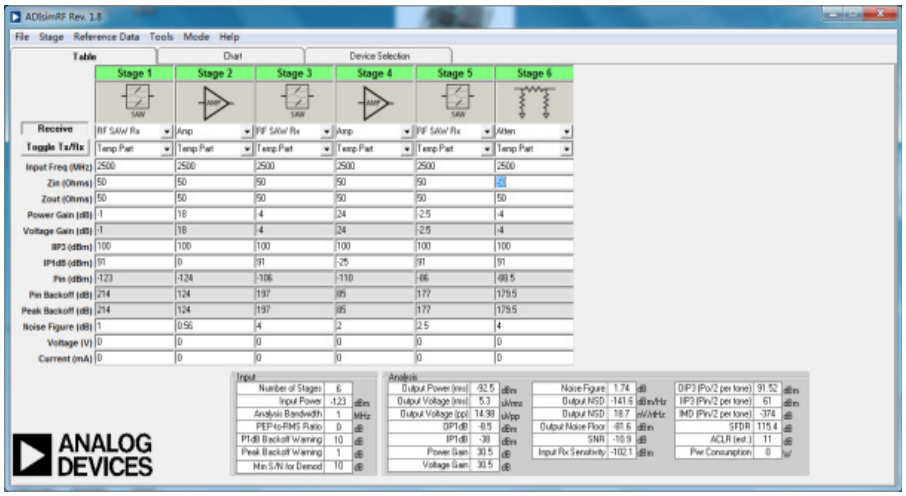


图 3 S2C LNA 性能仿真结果图

图 3 仿真结果表明，理论上 NF 为 1.74dB，因为实际上板卡为邮票孔安装方式，邮票孔还会有一定的插损，经以往类似产品的实际测试，整个 LNA 的实际噪声系数可以控制在 2.2dB 以内。

### 2.2 5W PA 设计

发射前端采用 5W PA 功放发射方案，末级采用 5W 功放芯片，整个 PA 前端结构框如图 4 所示。

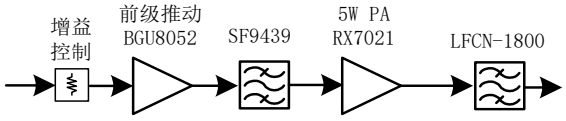


图 4 5W PA 设计框图

射频芯片发射通道输出的小功率射频信号经增益衰减控制电路后进到前级推动，前级推动把小信号放大到末级功放所需的功率后再送给声表滤波器进行滤波，经声表滤波器后输出末级功放进行放大，经末级放大后的信号经低通滤波器最后输出给外部天线发射出去。末级滤波器采用 LFCN-1800 低通滤波器，其截止频率为 1800MHz，带内插损最大为 1dB，S21 性能曲线图如图 5 所示。

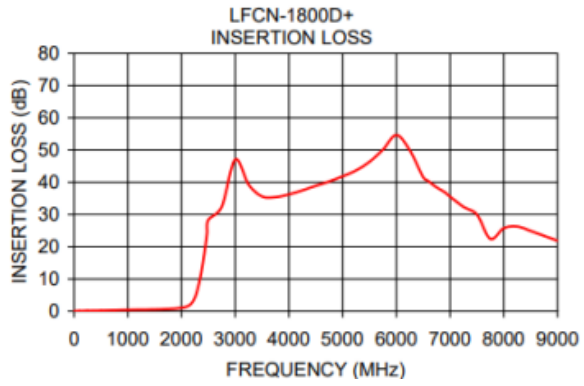


图 5 LFCN–1800 低通滤波器性能曲线图

滤波器性能测试如图 6 所示。

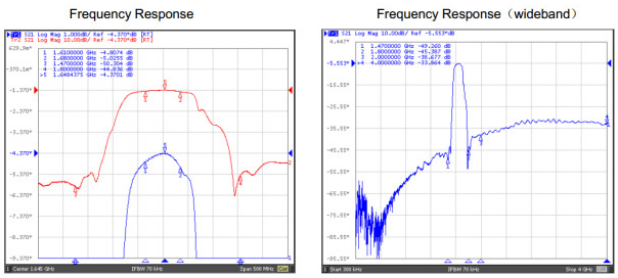


图 6 发射声表滤波器性能图

前级推动输入 P1dB 为 0dBm，增益为 18dB，输出 P1dB 为 18dBm，由于末级功放在 5W 输出时要求输入信号功率约为 10dBm，上变频发射输出功率为 0dBm，经衰减网络 4dB, 声表插损 4dB，可以满足发射增益要求。

## 3 抗 WIFI 及抗 5G 通信分析

### 3.1 抗 WIFI 分析

目前 WIFI 有部分通信频段与 S2c 接收频段非常接近，存在影响 S2c 频点接收性能。在 2.4GHz 频段使用的 WIFI 频率范围为 2.4GHz~2.472GHz，有 13 个信道（第 14 通道不用），每个信道带宽为 20MHz，从而得知其最高频率为 2472MHz+10MHz=2482MHz。而北斗 RDSS 的 S2c 接收频段为：2491.75MHz ± 8.16MHz。它们之间的频率非常接近，可以计算出其低频段的频点为：2491.75MHz-8.16MHz=2483.59MHz，而普通的滤波器带宽无法起到抑制作用。

从性能曲线图中可以看出在频率 2480MHz 处有约 10dB 的抑制，在 2470MHz 有 49dB 的抑制，所以对低信道的 WIFI 信号有良好的抑制作用。从 FBF 滤波器性能曲线图中可以看出此时抑制超过了 30dB，所以对一般的 WIFI 具备一定的抗干扰特性。

### 3.2 抗 5G 通信分析

目前，5G 通信的频率有部分已经和 S2c 接收频率重叠，在目前的射频技术下无法把 5G 信号滤除。

根据电磁波空间传播损耗公式：空间损耗（Pi）=20*1g(F)+20*lg(D)+32.4；其中 F 为频率，单位为 MHz；D 为传播距离，单位为 Km。从中可以看出距离对信号的损耗影响非常大，距离越远损耗越大。假设移动基站的发射出来的信号功率为 P1（包含天线增益，一般基站发射功放为 20W，天线增益约为 17dB），模块终端接收天线增益为 G1（视具体终端天线而定，一般手持类产品增益法线增益在 3~5dB 左右）。当模块终端与移动基站 100m 时，模块终端接收到的信号大约为 -15dBm，接近模块输入信号最大功率值；此范围以外模块终端较为安全。如果基站发射功率为 43dBm+7dBm=50dBm 时，模块终端只要在离基站天线 30m 以上距离较为安全 [4]。

## 4 结论

卫星导航系统在移动通信、智能交通、国家基础建设等领域应用越来越广泛。设计模块系统应用简单、集成度高、体积小、功耗低等特点；北斗导航接收射频前端有效地滤除非相干频率，同时也实现完美的小信号放大，拥有极小的噪声系数和高增益。

### 参考文献

[1]陈强.北斗二号抗干扰接收机关键部件的设计与实现[D].西安:西安电子科技大学，2012.

[2]肖磊. 并行高速通信解调系统中同步技术的研究与实现[D]. 电子科技大学.2017.

[3]虞玲.北斗二号导航信号软件模拟源的研究与实现[D].西安电子科技大学2014.

[4]朱启.北斗导航系统接收机中自动增益控制的设计与实现[D].西安电子科技大学，2011.