

## 低噪声放大器助力 微型 GPS 模块提高定位精度

手机讯号和导航卫星系统讯号频率相近，容易造成卫星讯号噪声干扰严重，进而影响定位及导航系统的精准度。针对此一设计挑战，半导体厂已开发出高整合度的一体成型微型化 GPS 模块方案，可同时兼顾尺寸、功耗和抗干扰性能。

大多数智能型手机已经可以支持导航卫星功能，导航卫星系统功能也将成为智能型手机的一项标准功能，而愈来愈多的智能型手机除可以支持美系全球卫星定位系统(GPS)外，还可以支持俄罗斯 GLONASS 和中国大陆北斗(COMPASS)系统。此外，平板计算机、数字相机和手表等便携设备也逐渐支持多系统的全球导航卫星系统(GNSS)功能，足以见得导航卫星功能所带来的市场新商机。

然而，把导航卫星功能整合至手机并非易事，因为手机讯号和导航卫星系统讯号的频率相近，同时手机讯号强度相对较高(全球行动通讯系统(GSM)手机为  $30\sim 33\text{dBm}$ )，而接收到的卫星讯号功率强度可低于  $-130\text{dBm}$ ，常会面临噪声干扰(Jamming)问题，这个干扰会产生许多噪声足以遮蔽卫星讯号，进而构成导航卫星系统接收机灵敏度的挑战。

### 导航卫星模块首重抗干扰性能

为整合导航卫星功能并维持小尺寸设计，设计工程师对于整合电路和缩小组件尺寸等的需求会愈来愈高。使用可以支持导航卫星功能的模块是其中一个可行的解决方案(图 1)。本文将就微型化导航模块设计之要点做探讨与剖析。

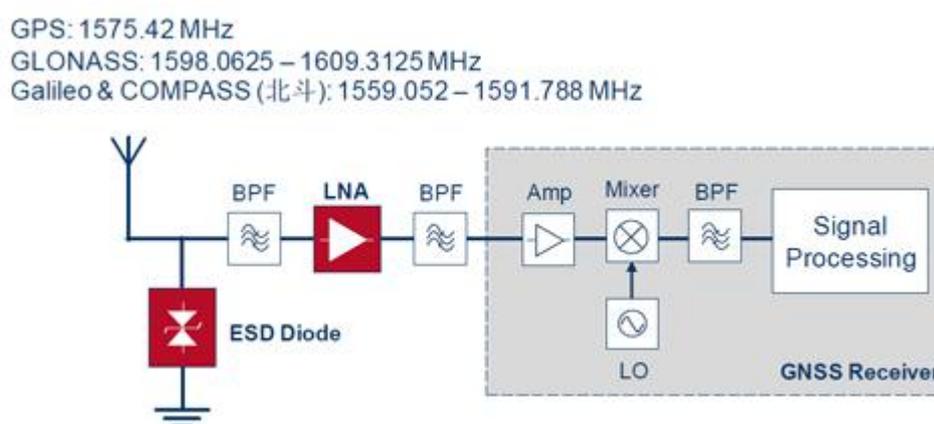


图 1 导航卫星模块方块图，其中，滤波器可衰减频带外的干扰，射频输入接脚的 ESD Diode 提供 IEC ESD 接触式放电规格的保护。

在智能型手机或平板计算机的应用领域中，由于存在讯号强度相对较

高的手机讯号以及现在众多无线通信标准，如长程演进计划(LTE)Band-13、GSM850/ 900/1800、通用行动通讯系统(UMTS)和无线局域网(WLAN)。各种强度相对较高的无线通信讯号会混合产生落在 GNSS 接收频段上的谐波产物，例如 GSM 1712.7MHz 和 UMTS 1850MHz 混合，会产生落在 GNSS 接收频段上的谐波产物、LTE Band-13 二次谐波产物也会落在 GNSS 接收频段上、GSM 827/897 和 WLAN 2402/2472MHz 混合也会产生落在 GNSS 接收频段上的谐波产物，再加上智能型手机或平板电脑本身内部电路的运转，一些高频噪声干扰源的来源通常来自频率电路、切换式电源供应电路或显示器中的驱动器电路，对于微弱 GNSS 讯号的接收造成很大的干扰，因此也必须注意导航卫星模块的抗干扰性能。

由于现在为避免较强的手机讯号干扰到接收到的卫星讯号进而遮蔽卫星讯号，除在模块内置放表面声波(Surface Acoustic Wave, SAW)滤波器之外，也可以考虑置放陷波(Notch)滤波器，以增加对其他强度相对较高的无线通信干扰讯号(787MHz/827MHz/897MHz/1712MHz/1850MHz/2402MHz/2472MHz)衰减。这些表面声波滤波器和陷波滤波器也必须被微调，以便于兼顾微型化导航卫星模块的低噪声指数、增益、阻抗匹配和高抗干扰性能。

内置于导航卫星模块的专门设计用来放大微弱 GNSS 讯号的低噪声放大器(LNA)，用以加强 GNSS 讯号，改善全球卫星定位系统接收机灵敏度，但也须要考虑讯号强度相对较高的无线通信讯号 P1 和 P2(图 2)。

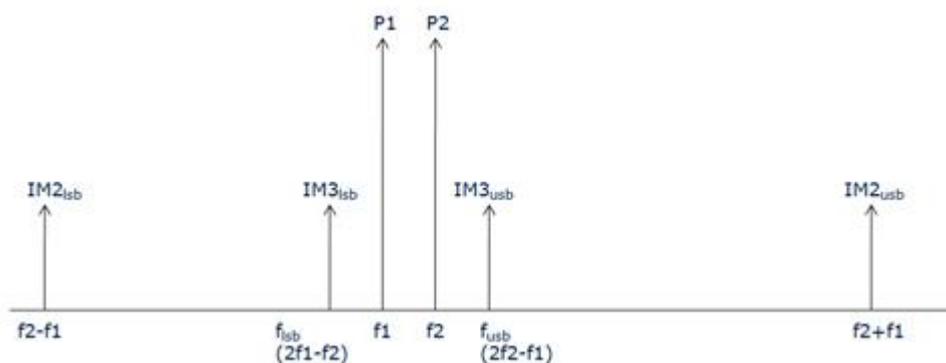


图 2 非线性谐波产物  
低噪声放大器加强 GNSS 讯号

由于非线性的低噪声放大器会产生很高的谐波失真，这些谐波产物会落在 GNSS 接收频段上，也因此会降低全球卫星定位系统接收器的灵敏度，所以在选择低噪声放大器时，可以使用线性度佳的低噪声放大器，并将二阶互调(IM2)和输入三阶截止点(IIP3)的效能规格也纳入电路设计的考虑重点。

LNA 应用电路的线性特性参数除有输入三阶截止点和输入 1dB 压缩点(IP1dB)外，带外二阶互调和带外输入三阶截止点(IIP3OOB)也是重要的线性特性参数。使用图 3 的应用电路，LNA 的 IIP3 可以达到-2.5dBm(图 4)，输入 1dB 压

缩点可以达到-6.5dBm。这些较强的带外手机讯号经由耦合路径会干扰接收到的卫星讯号强度，因而遮蔽卫星讯号。例如 GSM 1712.7MHz 的手机讯号和 UMTS 1850 的手机讯号同时进入导航卫星模块前端时，也会产生出落在导航卫星系统接收频段上的谐波产物。因此在选择 LNA 时，高线性度的 LNA 可以减少此谐波产物，从而确保有较好的接收质量。在图 3 的应用电路输入端同时输入+10dBm 的 GSM 1712.7MHz 手机讯号和 UMTS 1850 手机讯号，在输出端仅会产生 +67.1dBm 带外输入三阶截止点。在图 3 的应用电路输入端同时输入+12dBm 的 897MHz 手机讯号和+12dBm 的 2472MHz 无线局域网 WLAN 讯号，在输出端也仅会产生-111.6dBm 带外二阶互调。

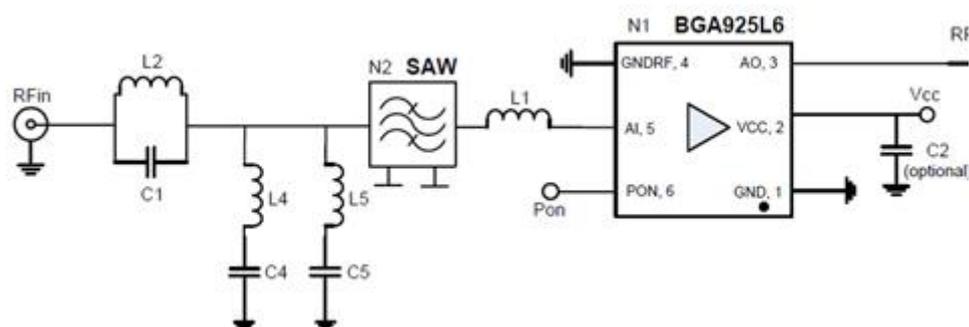


图 3 LNA 应用电路图，其中，滤波器可衰减频带外干扰。

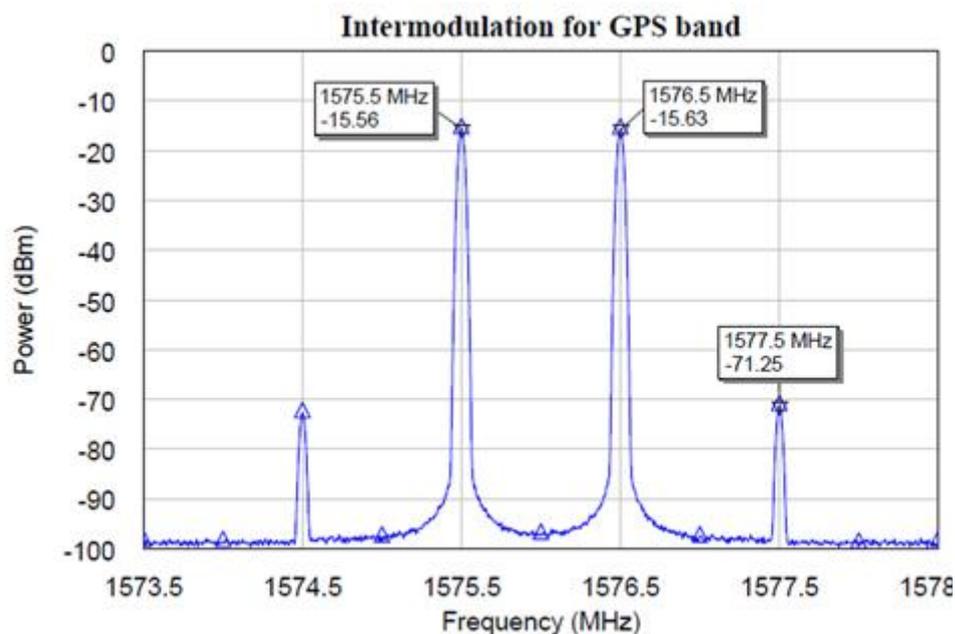


图 4 LNA 带外输入三阶截止点

如图 3 的应用电路，在前端搭配使用表面声波滤波器和陷波滤波器，可以有效地抑制其他强度相对较高带外无线通信干扰讯号(如 LTE Band-13/GSM850/900/1800 和 UMTS)，以减少较高的谐波产物会落在导航卫星系统接收频段上，进而保证较好的接收质量。在图 3 应用电路的输入端输入 +15dBm 的 LTE Band 13 讯号，LNA 输出端仅会产生-92dBm 的 LTE Band 13 的二阶谐波产物。

## 复杂/室内环境应用 导航灵敏度性能须提高

无论是走路或开车,使用者常常会发现从全球卫星定位系统接收器接收到的卫星讯号强度会有不同的变化,在大楼与大楼间、建筑物内、浓荫的大树下或甚至在复杂的高架桥下会导致讯号的衰减和中断,这时全球卫星定位系统讯号强度大约还会再衰减 20 或 30dB。此外在某些区域会由于不明原因发生完全没有讯号的情况使得导航功能产生中断,进而可能造成在当下不知道该往哪里走的情况。因此,对于较复杂的使用环境和偏室内环境的应用来说,导航卫星模块的灵敏度要愈高愈好。就如图 5 所示,为确保全球卫星定位系统提供最佳的功能性,更要选用专门设计用来放大微弱的 GNSS 讯号的低噪声放大器组件,当作全球卫星定位系统讯号受到建筑物干扰时的其中一种解决方案,亦可改善导航卫星模块的灵敏度。因此 LNA 的增益和低噪声指数对于改善接收灵敏度质量亦是非常重要。业界采用硅锗(SiGe)技术的四频导航卫星系统毫米波集成电路(MMIC)LNA,具备 15.8dB 增益和 0.74dB 噪声指数。



图 5 GPS 讯号受到建筑物干扰的解决方案

## 导航卫星模块尺寸缩小

导航卫星模块的小尺寸与低功耗也是目前市场的需求,然而随着兼具小尺寸、低功耗、高灵敏度与高整合度的单芯片问世,这些问题已大幅获得改善,再加上室内定位与抑制多径干扰能力大幅提升,促使导航卫星系统功能成为智能型手机的一项标准功能。但高整合度单芯片仍需温度补偿晶体振荡器(TCXO)、表面声波滤波器和 LNA 等外挂组件,尺寸上仍然偏大且要占用更大的电路板面积。因此选择小尺寸的 TCXO、表面声波滤波器和 LNA 也有助于缩小导航卫星模块的尺寸。目前业界最小尺寸的 LNA 封装尺寸接近 0402 尺寸大小,且封装尺寸高度仅有 0.40 毫米(mm)(图 6),适合用于小尺寸的导航卫星模块内。图 3 所示,在输入端仅需要两颗被动组件,电容器被用来当作直流电区块(DC Block),而电感器提供输入匹配。在 GNSS 应用下,通常会在 LNA 前端置放 SAW 滤波器以便衰减频带外的干扰,因此此时的输入端电容器可以不须要使用。大多数的设计会在电路板上置放电源端的滤波电路,降低电源噪声的干扰,因此导航卫星模块内就不需要在 LNA 电源脚位上置放射频(RF)旁路(Bypass)电容器,仅须在输入端置放一颗电感器。所以减少周边被动组件的使用数量可以减少导航卫星模块内印刷电路板(PCB)的使用面积,并可以缩小导航卫星模块的尺寸。

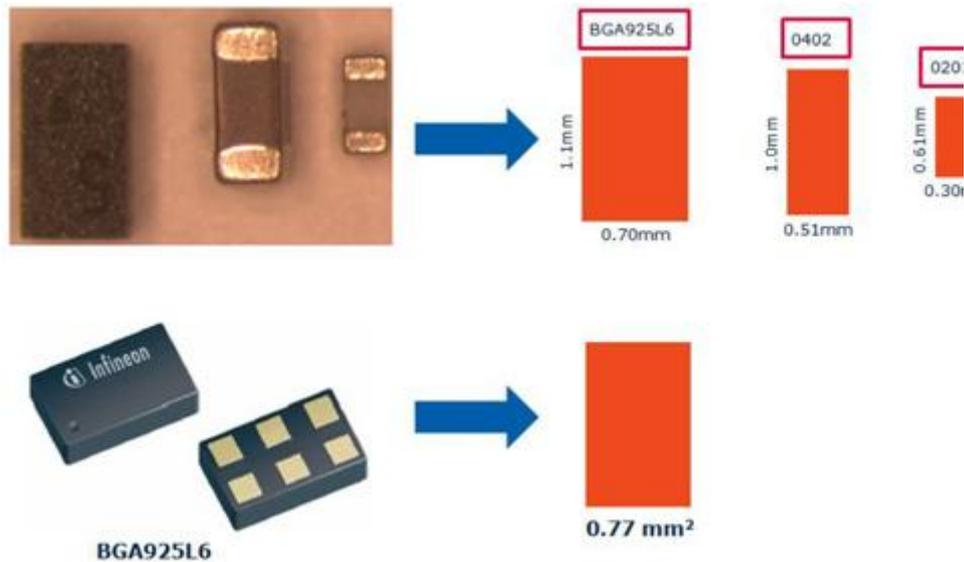


图 6 业界 LNA 尺寸比较图

除此之外在电池式的手持设备中，低功耗永远是选用组件的首要考虑，如何提高智能型手机或平板计算机的使用时间也是一个关键问题。由于电压和消耗电流与功耗成正比，因此低电压供电为降低功耗的重要策略。低运作电压、低功耗和具有开启/关闭功能的 LNA 可以有助降低功耗和增加电池使用时间。

值得注意的是，支持多模 GNSS 的高整合度单芯片已陆续被发表；另外，也有低噪声放大器可同时支持个别或同步接收 GPS、GLONASS、COMPASS 及伽利略(GALILEO)讯号，其频率涵盖范围从 1,550~1,615MHz，并且提供高线性度、低电流、低运作电压、低功耗和具有开启/关闭功能，其低噪声指数可以提供好的灵敏度。虽然目前美国 GPS 为主要的导航定位技术，但在美国以外的地区，GPS 的讯号如果有更多其他不同的卫星定位技术辅助，卫星能见度可以提高，亦可填补单一卫星接收不足或讯号质量不良的缺失，因此能使个人导航、资产追踪、汽车导航等各类导航设备具备较佳效能提高定位精度外，在定位的速度也可大大提升，因此多卫星定位系统可望被大量应用。

现行全球四大导航卫星系统分别是美系 GPS、俄系 GLONASS、中国大陆北斗系统和欧洲伽利略系统。目前可供民用的定位系统是美国现有的 GPS、俄罗斯 GLONASS 及中国的北斗导航卫星系统，目前三个可供民用的卫星定位系统共有六十四颗定位卫星。欧洲伽利略系统是第四个可供民用的定位系统，预计会于 2014 年开始运作，并在 2019 年完工。

本文简单介绍导航卫星模块、市场需求及系统设计难点。随着导航卫星模块兼具小尺寸、低噪声指数、低功耗、线性度佳、高灵敏度、高抗干扰性能与高整合度的一体成型微型化导航卫星模块方案的设计策略，微型化的导航卫星模块必须克服前述设计挑战，才能满足市场需求。