

“OTrack-AJ” 北斗抗干扰芯片应用技术研究

马文佳

(北京东方联星科技有限公司, 北京 100085)

摘要: 介绍了北京东方联星科技有限公司自主研发的“OTrack-AJ”北斗抗干扰芯片的主要应用领域以及国内北斗抗干扰应用发展趋势, 给出了基于该芯片的北斗抗干扰应用方案, 其在抗干扰、功耗、尺寸等关键指标上达到了国际先进水平。

关键词: 北斗导航; 抗干扰; OTrack-AJ

中图分类号: TP39 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8110(2016)02-0038-04

Research on Beidou Anti-jamming Applications Based on “OTrack-AJ” Chip

MA Wen-jia

(Beijing OLinkStar Co. Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Main application areas of “OTrack-AJ” Chip and Beidou Anti-jamming application development trends are introduced in this paper. This paper also studied Beidou Anti-jamming applications based on “OTrack-AJ” chip. Beidou Anti-jamming system reached international cutting edge technology level on key features such as JNR (Jamming Noise Rate), power and dimension.

Key words: Beidou; Anti-jamming; OTrack-AJ

0 引言

近年来, 随着卫星导航技术的日益发展和完善, 卫星导航接收机在航海、航空、航天、国防等领域的应用日趋广泛。过去, 飞机依赖地面无线设备导航, 只能在固定航线上飞行, 有了卫星导航设备后才能真正做到自由飞行。美国的 GPS 制导武器占整个精确制导武器的比例由海湾战争的 10% 急增至伊拉克战争的 98%, 采用惯性导航系统/GPS 制导代替“惯性导航系统/地形匹配”制导方式, 并使“战斧”巡航导弹防区发射距离增加 20%。在军事领域中的应用, 使得卫星导航接收机在高动态、抗干扰等性能方面的要求越来越高。

随着我国北斗系统的正式运行, 北斗用户终

端电路的芯片化, 为武器系统提供了高精度、低成本、低功耗、小体积的导航定位、测速、授时手段。但是, 由于北斗卫星信号频率公开, 调制方式公开, 信号功率微弱, 因此, 制造北斗干扰机非常容易。理论计算和等效试验表明, 一台 5W 干扰机, 对普通北斗用户终端的干扰半径为 150km, 100kW 干扰机对普通北斗用户终端的作用距离超过 3000km。在战场环境下, 敌方安装 100kW 北斗干扰机并不困难, 如果我方武器系统上的北斗用户终端不具备相应的抗干扰能力, 当存在干扰信号时, 则无法利用北斗系统进行导弹的导航定位。

因此研究抗干扰北斗卫星导航技术, 提高北斗用户终端抗压制干扰的能力, 使北斗系统在战场环境下发挥其能力, 是现代战争的需要。本文

收稿日期: 2015 - 11 - 15; 修订日期: 2014 - 01 - 05。

作者简介: 马文佳 (1982 -), 男, 工程师, 主要从事卫星导航芯片设计、抗干扰处理方面的研究。

E-mail: mawj@olinkstar.com

介绍了国内外抗干扰技术的发展趋势及主要技术原理，对各种常用抗干扰技术的优缺点进行了分析，最后简要介绍了“OTrack-AJ”专用抗干扰芯片架构及其应用案例。

1 抗干扰原理简介

数字抗干扰处理技术是在原来模拟抗干扰技术原理的基础上，引入数字信号处理方法而形成的新技术。它最根本的就是用数字处理方法，将由于传感器（天线）空间位置不同而使同一信号到达时产生的波程差，用于调节各个天线的幅度和相位，在干扰方向形成零陷。

图 1 所示为 2 阵元天线阵列，两个传感器（天线）T1 和 T2 的间距为所要接收卫星信号 $s(t)$ 的半波长，在波束形成和自适应干扰抵消的应用中，

最优阵元间距为 $\lambda/2$ 。干扰信号 $n(t) = A_n \cdot e^{j\omega t}$ 从某个人射角 α 进入传感器（天线），由于 T1 和 T2 之间有半波长的距离，因此，干扰信号不能同时到达 T1 和 T2，即存在波程差；那么，根据波的传递规律，两个传感器（天线）T1 和 T2 接收到的干扰信号 $n(t)$ 存在相应的相位差 Φ ，即分别为 $A_n \cdot e^{j\omega t}$ 和 $A_n \cdot e^{j(\omega t + \Phi)}$ 。同样，卫星信号 $s(t) = A_s \cdot e^{j\omega t}$ 从某个人射角 β 进入天线，也由于 T1 和 T2 的位置间距，卫星信号 $s(t)$ 到达两个传感器（天线）T1 和 T2 上时同样存在相应的相位差 θ ，即分别为 $A_s \cdot e^{j\omega t}$ 和 $A_s \cdot e^{j(\omega t + \theta)}$ 。显然，此时 T1 和 T2 两个传感器（天线）接收到的信号分别为 $X_1 = A_s \cdot e^{j\omega t} + A_n \cdot e^{j\omega t}$ ， $X_2 = A_s \cdot e^{j(\omega t + \theta)} + A_n \cdot e^{j(\omega t + \Phi)}$ （各天线的热噪声忽略不计）。

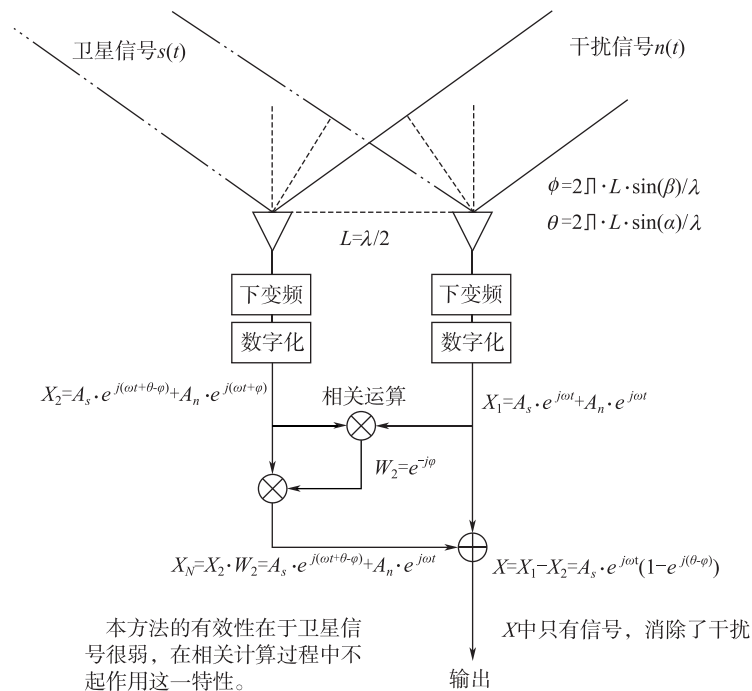


图 1 自适应调零处理流程

Fig. 1 Processing of adaptive nulling

以其中一个传感器（天线）（例如 T1）作为参考基准，对另一传感器（天线）T2 的信号进行相位补偿调整，使两个传感器（天线）上的干扰信号具备同样的波形和相位，即同幅同频同相，再将两信号相减或反向合路，干扰信号就会被消除。

2 “OTrack-AJ” 抗干扰芯片的特点及功能

“OTrack-AJ”是北京东方联星科技有限公司自主研发的用于卫星导航抗干扰，支持多阵元天线、所有卫星导航系统的中频抗干扰处理芯片。该芯片支持 7 阵元天线抗干扰系统和双 4 阵元天线抗干

扰系统在硬件上复用，具有抗多种干扰的能力，抗单个宽带干扰干信比优于 95dB，抗多个宽带干扰干信比优于 85dB。

(1) “OTrack-AJ” 的特点

支持单模 7 阵元天线和双模 4 阵元天线。

支持所有卫星导航系统的中频抗干扰处理，包含 BDS B1/B3/RDSS、GPS L1/L2、Glonass F1 等中频信号抗干扰处理。

具有抗各类干扰的能力，包含单载波、白噪声、BPSK、脉冲、扫频等干扰。

抗干扰性能：7 阵元天线抗干扰系统最多能抗 6 个干扰，4 阵元天线抗干扰系统最多能抗 3 个干扰。

工作电压：支持 1.8V 或 3.3V。

8 路 AD 数据输入，每一路 16bit 数据，支持最高 80MHz 的采样频率。

输出 2 路 8bit 中频数据，2 路 2bit 或 4bit 基带数据。

芯片采用 CMOS 工艺，QFN 封装，尺寸为 14mm×14mm。

(2) “OTrack-AJ” 的内部结构

如图 2 所示，“OTrack-AJ” 由 5 个功能模块组成，其中 3 个接口模块，2 个数据处理模块。接口模块包含 8 路 AD 接口、中频输出处理、芯片工作模式控制；处理模块包含带通滤波、抗干扰处理。其中芯片工作模式控制模块包含一些芯片参数控制引脚、SPI-FLASH 以及串口。各部分功能如下。

8 路 AD 接口：用来对 8 路数据进行时钟同步。

带通滤波：用来滤除数据带外干扰，根据信号的频带滤除带外信号。

抗干扰处理：是整个芯片的核心部分，主要完成干扰的去除。该模块内含一个空域滤波器，空域滤波技术是将多个阵元的天线阵进行幅度和相位的调整，从而在天线方向图中产生对着干扰方向的零点，以降低干扰源效果。空域滤波技术与单纯的时域、频域技术相比优势明显，而且实现比较简单，计算量小。

中频输出处理：用来对抗干扰输出数据进行中频输出处理，支持信号上变频，也可直接输出基带信号。

芯片工作模式控制：包含 SPI 接口、AD 配置接口、芯片参数控制引脚等。

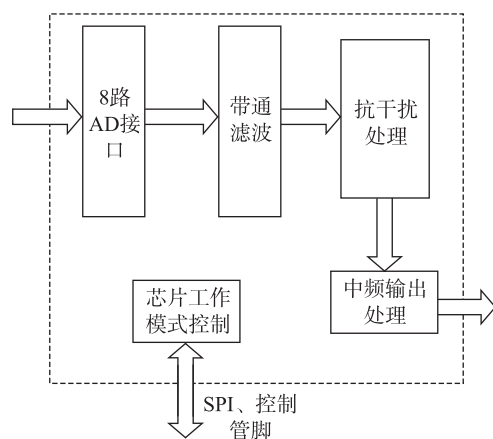


图 2 OTrack-AJ 芯片框图

Fig. 2 Block diagram of “OTrack-AJ” chip

3 基于 “OTrack-AJ” 抗干扰系统设计

“OTrack-AJ” 的一个典型应用如图 3 所示。抗干扰系统由射频模块，AD 转化、抗干扰处理芯片、DA 转换和上变频电路三部分组成。

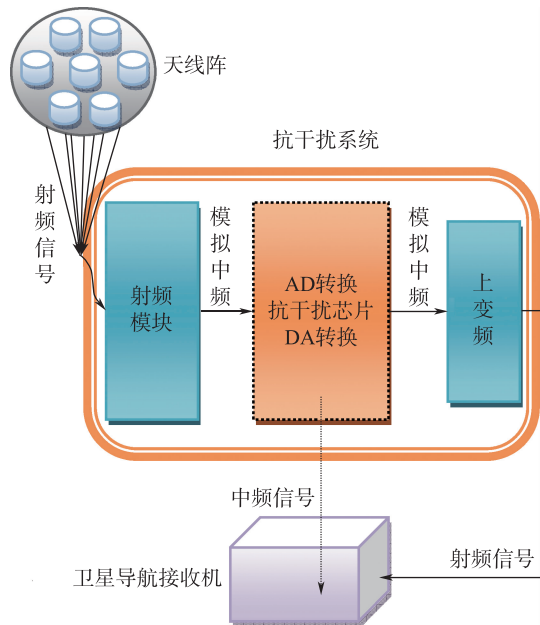


图 3 应用解决方案框图

Fig. 3 Block diagram of application solution

基于上述方案设计的抗干扰组件尺寸小于 100mm×100mm×15mm，功耗小于 10W。根据不同应用场景需求，可以输出抗干扰后的射频给导航接收机使用，也可以直接输出中频信号给导航接收机处理。

“OTrack-AJ”芯片应用的实物图如图4所示。

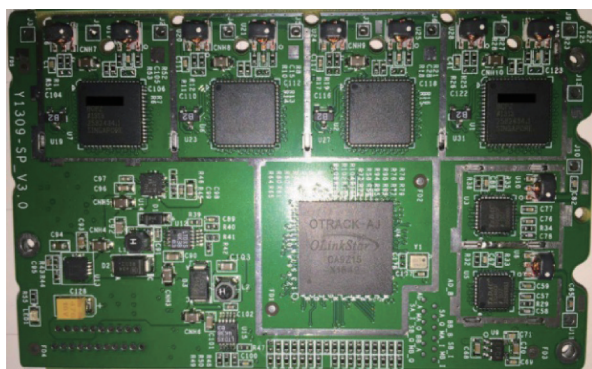


图4 “OTrack-AJ”应用实物图

Fig. 4 “OTrack-AJ” application physical map

4 结束语

Beidou 正式运营后，我国的军用领域都迫切需要低功耗、小尺寸的北斗抗干扰系统，以提高军用产品的战场生存能力。文中介绍的 OTrack-AJ 芯片和抗干扰系统能满足军用抗干扰领域的迫切需求，打破了国外对导航核心技术的垄断，使得我国在北斗抗干扰核心技术及其应用上掌握了充分自主权。

参考文献

- [1] 熊志昂, 李红瑞, 赖顺香. GPS 技术与工程应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [2] Casabona M M, Rosen M W. Discussion of GPS anti-jam technology[J]. GPS Solution, 1998, 2 (3): 18-23.
- [3] 周治宇, 陈豪. 卫星导航定位抗干扰技术分析[J]. 空间电子技术, 2006 (4): 1-8.
- [4] 李平, 史小卫, 陈小群, 王新怀, 白岩夫. 通道的不一致性对干扰抑制的影响[C]. 全国微波毫米波会议, 2009.
- [5] Zhou La, Liu BaoZhong. Technoigy character analysis and application about Bei-Dou satellite navigation system[J]. Gns World of china, 2004 (4): 12-16.
- [6] Di Minmin. CPS anti-jamming receiver technology reseach[D]. ChangSha: National University of Defensa technology, 2006.
- [7] 王汝群. 战场电磁环境[M]. 北京: 解放军出版社, 2006.
- [8] 张小飞, 王飞, 徐大专. 阵列信号处理的理论和应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010: 18-25.
- [9] Liu Y J, Wang D M, Hu H Y. Study of GPS frequency domain anti-jamming algorithms [J]. Signal Processing, 2009, 25 (11): 1738-1741.
- [10] 赵凯. GPS 抗干扰系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.