

# CDMA 射频系统设计中的交调、寄生响应问题

## 目录

- 1 CDMA 信号简介.....2
- 2 单音干扰.....3
- 3 交调干扰.....4
  - 3.1 半中频干扰 .....4
  - 3.2 双音干扰 .....5
  - 3.3 邻道干扰 .....5
- 4 结语 .....6

## 1 CDMA 信号简介

在 CDMA 基站收发信机的设计中，应仔细考虑交互混合、交叉调制、寄生响应及其它 RF 问题。扩频通信系统的一个主要优点是具有很强的抗干扰能力，同时在背景噪声中隐藏其传输。在基于直接序列扩谱(DS-SS)技术的 CDMA 系统中，想要的信息载波通过一种包含有伪随机噪声(PN)序列的数字代码来调制。PN 代码信号独立于数据，并且具有比所需信息高得多的数据传输率。结果，这种数字代码的带宽比数字系统中传送基带数据所需的最低带宽大得多。用数字代码调制载波信息时，载波带宽可能与代码带宽一样大。根据所用的调制方式(如二相、四相或最小频移键控)不同，以一定的倍数扩展载波带宽。然后，接收机通过与原 PN 代码的同步复制进行相关以对该信号进行“去扩”，如下图所示。

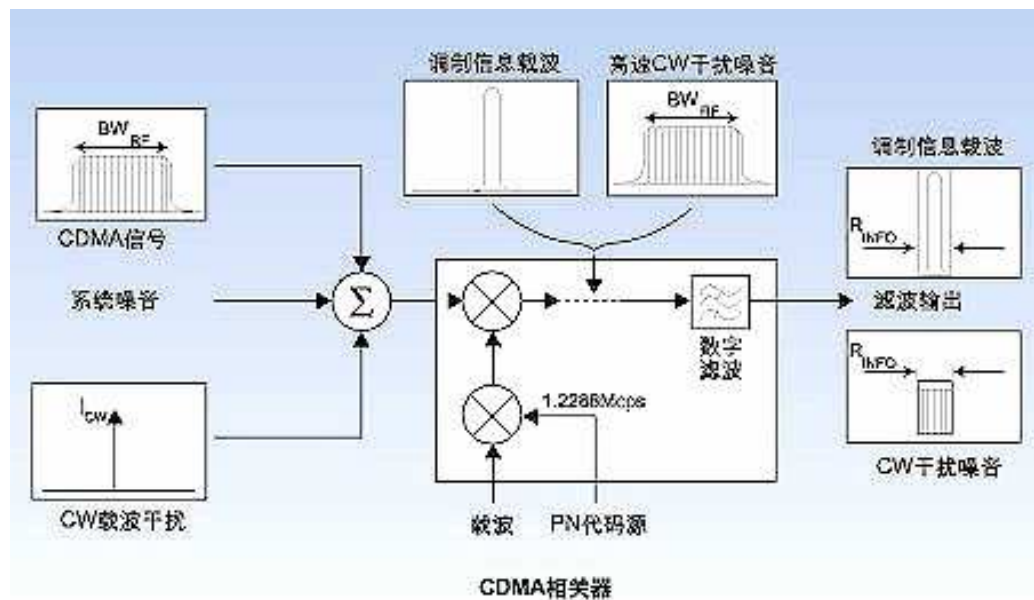


图 1: CDMA 信号的发送和接收

可以看出，相关器通过对载波信号的扩谱和去扩来提高处理增益。下转换到基带后，CDMA 信号与其它干扰信号一起被馈送到 CDMA 相关器的输入端。当一个相关器 PN 序列与嵌入到 CDMA 信号中的 PN 序列匹配时，期望信息的信号在扩谱之前还原到它原来的带宽。另一方面，与这个序列不匹配的输入信号(如接收机噪声、CW 干扰信号或其它非精确代码同步的其它 CDMA 信号)通过该相关器 PN 序列被扩谱到与该 PN 码相同的一个带宽上。跟随在去扩器之后并具有与信息带宽相同带宽的数字滤波器可将所需信息载波全部挑选出来，同时仅让部分干扰信号的扩谱码通过。

在基站的发射机输出端，通信信道、引导信道、同步和寻呼信道都经多路复用且后在一个无线信道上发送。因此，每个用户通信信道的功率表示这一前向 CDMA 信道总功率的一小部分。通过数字滤波器进行带宽限制后，一个 CDMA 无线信道的 3dB 带宽为 1.23MHz。

由于 CDMA 系统的信息是双相位调制的，调制过的信号包络并不是固定的。前向 CDMA 信号的峰值与平均值比率 (PTAR) 是 10dB。因此，为了对接收信号进行相应的检测和解调，接收机应该在接收信号功率所允许的范围内保持线性。

## 2 单音干扰

在手机及基站的标准中都定义了单音干扰是指：接收机在指定信道频率上，存在单音频率偏移 CDMA 信号中心频率一定条件下，接收 CDMA 信号能力的一种度量标准。

单音干扰通常是从附近的模拟蜂窝基站传送来的窄带 AMPS 信号(与 1,230kHz 带宽的 CDMA 信号相比，AMPS 信号具有 30kHz 带宽，可以近似为单音)。在接收机前端，单音干扰产生两个干扰分量混入接收机输入端，第一个干扰分量是单音与本振噪声的混合，如下图：

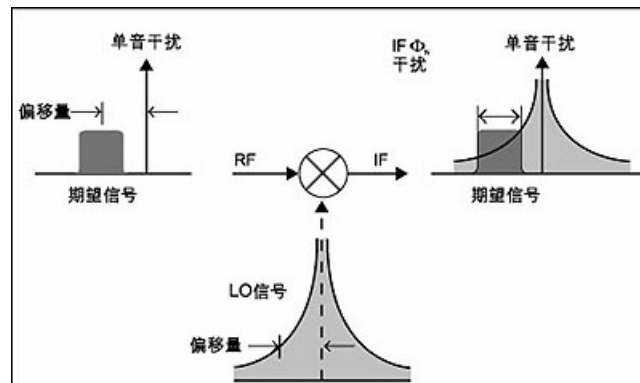


图 2：第一个干扰分量起因于相互混合的单音干扰发射机信号

图 2 示出了由单音干扰发射机(IRMXG)产生的第一个干扰分量起因于相互混频现象，由于接收机的 UHF 电压控制振荡器(VCO)的相位噪声(PN)使前向信道的接收信号遭受干扰。干扰被定义为期望信号和单音干扰发射机频率之间的频率偏移量，它首先在接收机前端混频器中的单音干扰发射机中混频，然后下转换为 IF 信号。由于这类干扰的存在，对接收机本振相位噪声提出了很高的要求，可以利用以下公式计算本振相位噪声：

$$L(\Delta f_c) = S_{\text{des}} - S_{\text{bl}}(\Delta f_c) - C/I_{\text{REQ}} - 10\text{Log}(\text{BW}) \quad (\text{dBc/Hz})$$

$L(\Delta f_c)$  偏离 $\Delta f_c$  处，最低要求本振相位噪声。

$S_{\text{des}}$  期望信号幅度。

$S_{\text{bl}}(\Delta f_c)$  干扰信号幅度

$C/I_{\text{REQ}}$  基带处理要求的最低载噪比。

$\text{BW}$  为信号带宽。

单音干扰的第二种情况是与发射泄露的第三个信号产生的交调，如下图。

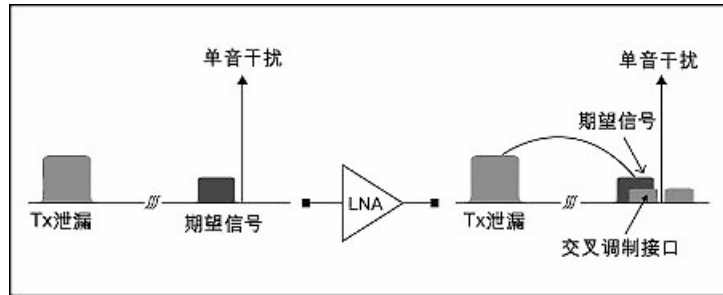


图 3：由单音干扰产生的第二个干扰分量起因于交叉调制现象

图 3 示出了由单音干扰产生的第二个干扰分量起因于交叉调制现象，在接收机前端的三阶非线性引起具有发射功率的单音干扰发射机的交叉调制。交叉调制主要发生在低噪声放大器(LNA)前端，假设传输中的泄漏信号被 LNA 后面的带通滤波器滤除。LNA 中的交叉调制给接收到的前向 CDMA 信道信号造成带内干扰。

对 CDMA 基站而言，RX- TX 双工器的隔离度可以达到 100dB 以上。第二种干扰信号较小，对移动站 RX- TX 双工器的隔离度典型值为 58dB，对正在接受接近于灵敏度级的 CDMA 信号时，功率放大器的输出功率是+28dBm 时，这种干扰是相当大的。

### 3 交调干扰

#### 3.1 半中频干扰

交调干扰的第一种情况是如下图中的情况，期望的 CDMA 信号与另一信号（可能是单音信号、也可能是其它信道的 CDMA 信号）的交调干扰。假设期望信号频率为  $f_0$ ，系统中频为  $f_{if}$ ，干扰信号频率为  $f_0 + f_{if}/2$ ，则经过混频器后，会产生  $2(f_0 + f_{if}/2) - 2f_0 = f_{if}$ 。

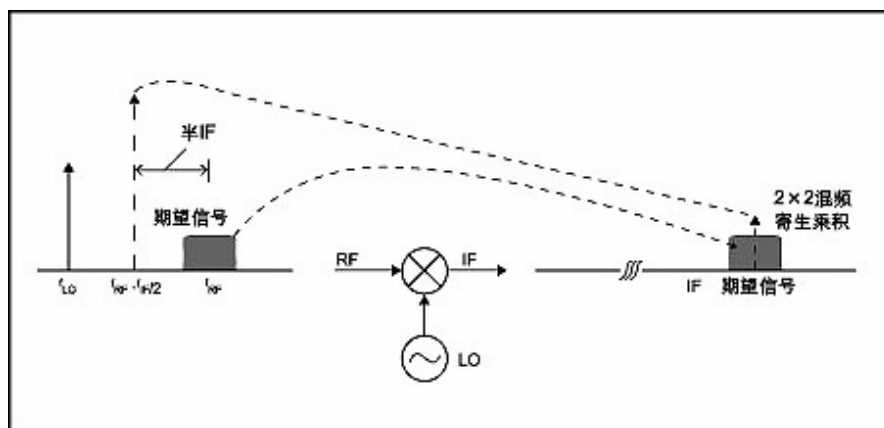


图 4：在 CDMA 信号和 LO 频率之间的单音干扰发射机产生寄生 1/2-IF 问题

为接收机选择一个低 IF 可能导致 1/2-IF 寄生问题，特别对于接收机的 RF 带宽是 60MHz 的 PCS 频带。当接收机 RF 带宽内单音干扰发射机的频率介于期望的 CDMA 信号和 UHF 本地振荡器之间时，寄生响应就会发生。单音干扰发射机将经过下行变换为[2x2]混频寄生乘积的 IF 信号，它在 IF 输出对带内期望的信号产生干扰。对 800MHz 频段的 CDMA

信号而言由于其射频带宽只有 20MHz，所以产生这种干扰的信号均在射频通带外，这对双工器的带外衰减提出了一定的要求。同理，对 1/3 及 1/4 中频的问题也应该有所警觉。

### 3.2 双音干扰

在 IS-98-A 及 IS-97-D 的系列标准中对手机和基站的抗双音干扰的互调响应指标提出了要求。接收机互调响应衰减是指：在有两个 CW 干扰音的情况下，在指定的信道频率对其接收 CDMA 信号能力的度量。这些 CW 干扰信号在幅度上高于期望信号有 70dB 以上，在频率上与指定信道分离，彼此也相互分离，其并且产生一个三阶互调对期望 CDMA 信号的形成带内干扰，如下图。

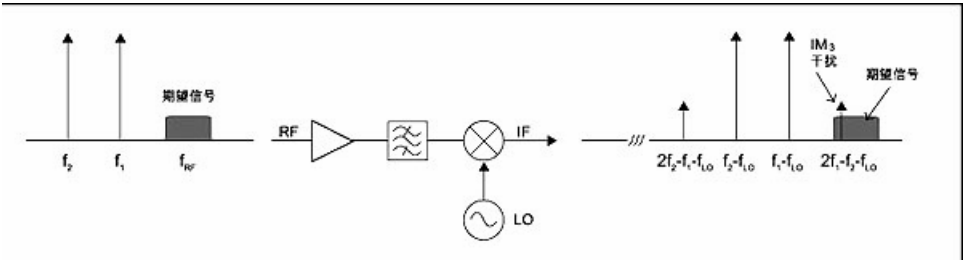


图 5：在有两个 CW 干扰音的情况下，CDMA 接收机性能通过互调寄生响应衰减体现

在干扰情况下，CDMA 接收机的帧错率(FER)不应该超过 1%。接收机 LNA 的三阶非线性是三阶互调乘积的主要来源。解决这个问题关键是接收前端的 LNA 放大器的非线性要小。同时对于-30dBm 到-20dBm 范围的高电平接收信号，典型的 CDMA 接收机混频器输入 1dB 压缩点是系统线性度的主要限制因素。为了解决这个问题，在实际的混频器设计中，前端 LNA 应该具有大于 15dB 的线性增益调整范围。

### 3.3 邻道干扰

邻道功率（ACP）定义为当主信道加一信号时，紧邻主信道的两个信道内的功率大小。邻道功率的产生主要来自两个方面，一是由于器件的非线性作用产生，二是由于主信道信号本身频谱较信道宽。ACPR 定义为 ACP 功率与主信道功率的比值。在多数情况下 ACPR 是衡量 CDMA 系统的一个关键指标，与 ACPR 直接相关的是器件（混频器、放大器等）的线性指标。

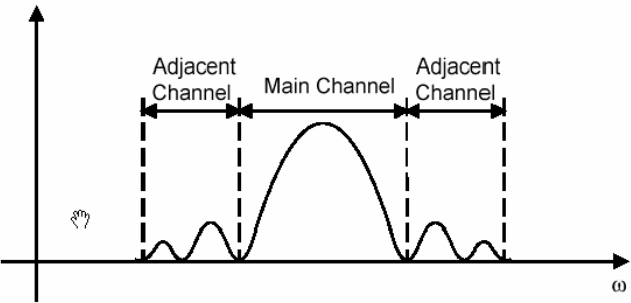


图 6 邻道功率（ACP）定义

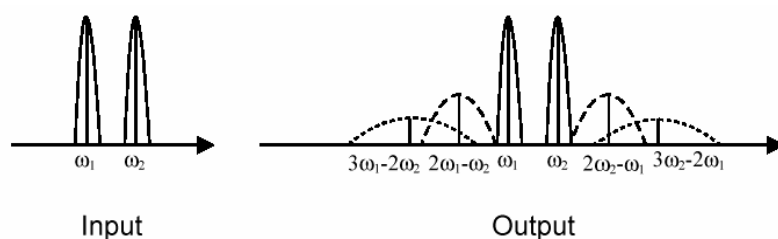


图7 器件非线性产生的邻道功率

对移动通信的 CDMA 信号（QPSK 调制）而言，其 **ACPR 与 IP3** 的关系可以通过一公式表示。

$$IP3 = -5 \log [P_{IM3}(f_1, f_2) B^3 / P_O [(3B - f_1)^3 - (3B - f_2)^3]] + 22.2 \text{ (dBm)}$$

其中：  
 $P_{IM3}(f_1, f_2)$  表示要求的 IM3 的输出功率（W）  
 $B$  表示二分之一 CDMA 信号带宽（KHz）  
 $f_1, f_2$  表示两个边带频率相对于中心频率的差值（KHz）  
 $P_O$  表示输出功率（W）

标准要求，在基站发射端，ACPR 应优于 -45dBc。在主要考虑发射机末级功率放大器的非线性影响时，根据上式计算放大器应该工作在其  $P_{1dB}$  回退 10dB 的功率水平上。需要指出的是由于 QPSK 调制的信号不是一个恒定包络的信号，有关文献指出，其 PTAR（峰值平均功率比）大约是 10dB，上式计算结果是针对峰值功率而言的。如果指平均功率则还要回退 10dB。

## 4 结束语

其它的干扰如各种组合干扰的问题由于滤波器（包括射频和中频）的频率选择性，基本上已经避免了此类问题。设计高性能 CDMA 接收机的重点是一个基于 IS- 98（97）CDMA 标准的重要系统级和块级规范的全面推导。在设计任何 CDMA 接收机系统时，应该仔细考虑相互混合、交叉调制、邻道干扰等与 CDMA 接收机相关的 RF 系统问题。

## 参考文献

1. TEA/TIA-97-D (C.S0002-A), "Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems", June, 2000.
2. TEA/TIA-98-A (C.S0011-0), "Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Spread Spectrum Cellular Mobile Stations", June, 1999.
3. "Computing the LO Phase Noise Requirements in a GSM Receiver", Emmanuel Ngompe, APPLIED MICROWAVE & WIRELESS.
4. "Linear RF Power Amplifier Design for CDMA Signals", Qiang Wu, Martina Testa, and Robert Larkin, 1996 IEEE MTT-S Digest.
5. "IS-98-A标准中的CDMA接收系统", Walid W.Ali-Ahmad, 电子工程专辑 2000年7月。

## 射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

## 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

### 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>