|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | |  | | 关键词: 接收机灵敏度, 扩频, 数字通信接收机, CDMA, WCDMA, 比特能量, 噪声功率频谱密度, 信噪比, SNR, 信号功率 | |  |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | |  |  | | --- | --- | | **应用笔记1140** |  | | | 扩频系统的接收机灵敏度方程   |  | | --- | | **Daniel Terlep** |  |  | | --- | | **Jul 28, 2003** | |   *摘要：本应用笔记论述了扩频系统灵敏度的定义以及计算数字通信接收机灵敏度的方法。本文提供了接收机灵敏度方程的逐步推导过程，还包括具体数字的实例，以便验证其数学定义。*    |  |  | | --- | --- | | |  | | --- | | [[http://china.maximintegrated.com/images/clear.gif](http://china.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/4651) 点击这里，了解典型射频收发器设计的无线器件](http://china.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/4651) | |   在[扩频](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E6%89%A9%E9%A2%91/gpk/293)数字通信接收机中，链路的度量参数Eb/No (每比特能量与噪声功率谱密度的比值)与达到某预期接收机灵敏度所需的射频信号功率值的关系是从标准噪声系数F的定义中推导出来的。CDMA、[WCDMA](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/WB-CDMA/gpk/334)蜂窝系统接收机及其它扩频系统的射频工程师可以利用推导出的接收机灵敏度方程进行设计，对于任意给定的输入信号电平，设计人员通过权衡扩频链路的预算即可确定接收机参数。  从噪声系数F推导Eb/No关系  根据定义，F是设备(单级设备，多级设备，或者是整个接收机)输入端的[信噪比](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E4%BF%A1%E5%99%AA%E6%AF%94/gpk/278)与这个设备输出端的信噪比的比值(**图1**)。因为噪声在不同的时间点以不可预见的方式变化，所以用均方信号与均方噪声之比表示信噪比([SNR](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/Signal-to-Noise-Ratio/gpk/278))。  图1. *图1.*  下面是在图1中用到的参数的定义，在灵敏度方程中也会用到它们：  Sin = 可获得的输入信号功率(W)  Nin = 可获得的输入热噪声功率(W) = KTBRF其中：     K = 波尔兹曼常数 = 1.381 × 10-23 W/Hz/K，     T = 290K，室温     BRF = 射频载波[带宽](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E5%B8%A6%E5%AE%BD/gpk/386)(Hz) = 扩频系统的码片速率 Sout = 可获得的输出信号功率(W)  Nout = 可获得的输出噪声功率(W)  G = 设备[增益](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E5%A2%9E%E7%9B%8A/gpk/1059)(数值)  F = 设备噪声系数(数值)  的定义如下：  F = (Sin / Nin) / (Sout / Nout) = (Sin / Nin) ×(Nout / Sout)  用输入噪声Nin表示Nout：  Nout = (F × Nin × Sout) / Sin其中Sout = G × Sin  得到：  Nout = F × Nin × G  调制信号的平均功率定义为S = Eb / T，其中Eb为比特持续时间内的能量，单位为W-s，T是以秒为单位的比特持续时间。  调制信号平均功率与用户数据速率的关系按下面的式子计算：  1 / T = 用户数据比特率，Rbit单位Hz，得出Sin = Eb × Rbit  根据上述方程，以Eb/No表示的设备输出端信噪比为：  Sout / Nout = (Sin × G) / (Nin × G × F) =  Sin / (Nin × F) =  (Eb × Rbit) / (KTBRF × F) =  (Eb/ KTF) ×(Rbit / BRF)，  其中KTF表示1比特持续时间内的噪声功率(No)。  因此，  Sout / Nout = Eb/No × Rbit / BRF  在射频[频带](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E5%B8%A6%E5%AE%BD/gpk/386)内，BRF等于扩频系统的码片速率W，处理增益(PG = W/Rbit)可以定义为：  PG = BRF / Rbit  所以， Rbit / BRF = 1/PG，由此得输出信噪比：  Sout / Nout = Eb/No × 1 / PG。  注意：对于没有扩频的系统(W = Rbit)，Eb/No在数值上等于SNR。  接收机灵敏度方程  对于给定的输入信号电平，为了确定SNR，用噪声系数方程表示Sin：  F = (Sin / Nin) / (Sout / Nout)或F = (Sin / Nin) × (Nout / Sout)  Sin = F × Nin ×(Sout / Nout)  Sin又可以表示为：  Sin = F × KTBRF × Eb/No × 1/PG  用一种更加常用的对数形式表示，对每一项取以10为底的对数再乘10得到单位dB或[dBm](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/dBm/gpk/961)。于是噪声系数NF (dB) = 10 × log (F)，由此得出下面的接收机灵敏度方程：  Sin (dBm) = NF (dB) + KTBRF (dBm) + Eb/No (dB) - PG (dB)  数字实例  下面是扩频WCDMA蜂窝系统[基站](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/%E5%9F%BA%E7%AB%99/gpk/1028)接收机的例子。尽管接收机灵敏度方程对各种电平的输入信号都是正确的，对于给定的Eb/No、本范例在满足[误码率](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/BER/gpk/28)百分比(%BER)的最小灵敏度下选择了最大输入信号功率。这个实例的条件为：   * 对于速率为12.2kbps、功率-121dBm的数字语音信号，最大规定输入信号电平必须满足系统的最小规定灵敏度。 * 对于[QPSK](http://china.maximintegrated.com/glossary/definitions.mvp/term/QPSK/gpk/244)调制信号，在Eb/No值为5dB时可以获得规定的误码率BER (0.1%)。 * 射频带宽等于码片速率，即3.84MHz。 * KTBRF(log) = 10 × log(1.381 × 10-23 W/Hz/K × 290K × 3.84MHz × 1000mW/W) = -108.13dBm. * 规定的用户数据速率Rbit等于12.2kbps，PG为PG = Rchip / Rbit = 314.75numeric或25dBlog。 * 将这些值带入并利用等式：Sout / Nout = Eb/No × Rbit / BRF得到输出信噪比为：5dB - 25dB = -20dB。这表示扩展了带宽的扩频系统实际是在负值SNR下工作。   为了得到满足最小规定灵敏度的最大接收机噪声系数(表示为NFmax)，使用接收机灵敏度方程：  Sin (dBm) = NF (dB) + KTBRF (dBm) + Eb/No (dB) - PG (dB)  下面的步骤和**图2**给出了得到NFmax的具体方法：  步骤1：对于WCDMA系统，在预期的灵敏度下最大规定射频输入信号为-121dBm。  步骤2：减去5dB的Eb/No值，得到在用户频带内允许的最大噪声电平为-126dBm (12.2kHz)。  步骤3：加上25dB的处理增益，得到在射频载波带宽内的最大允许噪声电平为-101dBm。  步骤4：从射频输入噪声中减去最大允许噪声电平得到NFmax = 7.1dB。  图2. *图2.*  注意：如果在接收机设计中使用了更高效的检测器，使对Eb/No值的要求仅为3dB而不是5dB，在接收机NFmax为7.1dB的条件下，接收机灵敏度可以达到-123dBm。另外，由于降低了对于Eb/No值的要求，在满足最大规定输入信号为-121dBm的同时，高达9.1dB的NFmax值也是可以承受的。  小结  使用从噪声系数的定义推导出来的接收机灵敏度方程，设计者可以在扩频链路预算中权衡和确定接收机的参数，它对任意输入信号电平都可行，从而使这个方程在确定系统灵敏度方面非常实用。  Sin (dBm) = NF (dB) + KTBRF (dBm) + Eb/No (dB) - PG (dB)  参考文献   1. *CDMA Systems Engineering Handbook*, Jhong Sam Lee & Leonard E. Miller, Artech House Publishers, 1998. 2. *CDMA RF System Engineering*, Samuel C. Yang, Artech House Publishers, 1998. |  |