

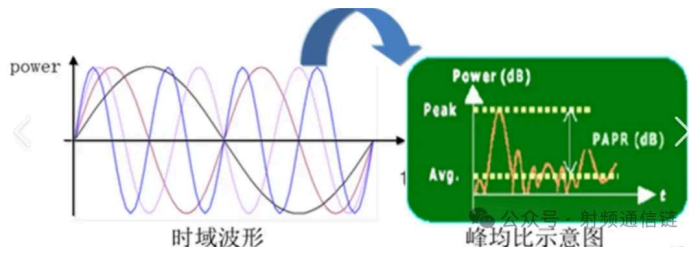
峰均比的计算与仿真

原创 皮诺曹 射频通信链 2025年11月9日 11:59

 **射频通信链**  
让射频学习不再困难，学射频，学通信，就看射频通信链。  
396篇原创内容

公众号

峰均比（Peak-to-Average Power Ratio, PAPR）是通信系统中一个重要的性能指标，特别是在多载波系统（如OFDM）中。PAPR定义为信号的最大峰值功率与平均功率的比值，通常用分贝（dB）表示。



一、峰均比的计算方法

1. 基本定义与公式

峰均比定义为**峰值功率与平均功率**的比值：

$$PAPR = \max \{ |x(t)|^2 \} / E \{ |x(t)|^2 \}$$

其中：

x(t) 为信号波形

分子是信号瞬时功率的最大值

分母是信号平均功率（期望值）

**电压域的峰均比**（波峰因素 Crest Factor, CF）：

功率域PAPR与电压域CF的关系为：  $PAPR = CF^2$

2. 常见信号的峰均比计算

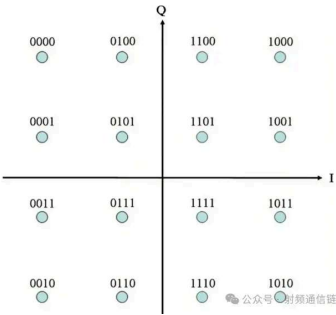
(1) 确定性周期信号

**正弦波**：  $CF = 2 \approx 1.414$ ，  $PAPR = 2$ （即3 dB）

**方波**：取决于占空比，50%占空比时与正弦波相同（ $PAPR = 2$ ）；25%占空比时 $PAPR = 4$ （即6 dB）

**恒包络调制信号**：如理想FSK，  $PAPR = 0$  dB

**QAM信号**：如16QAM



调制	单载波基带信号PAR/dB	单载波射频信号PAR/dB
16QAM, b=4	2.55	5.56
64QAM, b=6	3.31	6.32
256QAM, b=8	3.68	6.69
1024QAM, b=10	3.90	6.91
4096QAM, b=12	4.05	7.06

(2) 随机信号（高斯白噪声）

噪声的峰值是概率性的，通常取**99.9%概率区间**对应的幅度作为统计峰值：

$PAPR \approx 6.6$  (约8.4 dB)

这是基于高斯分布6.6倍标准差 ( $\sigma$ ) 对应的概率区间

### (3) OFDM多载波信号

理论最大峰均比随子载波数N线性增长:

$$\text{PAPR}_{\max} = 10 \log_{10}(N) (\text{dB})$$

当N较大时, 信号近似高斯分布, 实际PAPR需用统计方法分析

#### 统计量为CCDF

为了评估PAPR性能, 通常绘制CCDF曲线, 即PAPR超过某个门限值的概率。

CCDF曲线横坐标为PAPR值 (dB), 纵坐标为概率 (PAPR > 门限)。

#### 在MATLAB中仿真PAPR的步骤如下:

生成信号: 例如, 生成OFDM信号或其他需要分析PAPR的信号。

计算每个符号的PAPR: 对于每个生成的信号符号, 计算其瞬时PAPR。

统计多个符号: 通过生成大量的信号符号, 统计PAPR的分布, 通常用互补累积分布函数 (CCDF) 表示。

OFDM信号生成:

生成随机的QAM符号。

进行IFFT变换得到时域信号。

可以添加循环前缀 (但在PAPR计算中, 循环前缀通常不包括在内, 因为它不改变峰均比)。

PAPR计算:

对于每个OFDM符号 (去掉循环前缀后), 计算其峰值功率 (即最大的瞬时功率) 和平均功率。

然后计算该符号的PAPR。

% 参数设置

N = 1024; % OFDM符号数

K = 256; % 子载波数

M = 16; % 调制阶数 (如16-QAM)

cp\_len = 16; % 循环前缀长度

% 1. 信号生成

data = randi([0 M-1], K, N); % 随机数据

mod\_data = qammod(data, M); % QAM调制

ifft\_data = ifft(mod\_data, K); % IFFT变换

tx\_signal = [ifft\_data(end-cp\_len+1:end,:); ifft\_data]; % 加循环前缀

% 2. 峰均比计算

signal\_power = abs(tx\_signal).^2; % 瞬时功率

papr\_dB = 10\*log10(max(signal\_power(:)) / mean(signal\_power(:)));

% 3. 统计分析 (CCDF)

num\_sim = 10000; % 仿真次数

papr\_vals = zeros(1, num\_sim);

for i = 1:num\_sim

    % 重复上述过程...

    % 记录每次的PAPR值

end

ccdf = 1 - ecdf(papr\_vals); % 互补累积分布函数

工作区	
名称	值
avg_power	0.0036
ccdf	[1;0]
cp_len	16
data	256x1024 dou...
i	10000
ifft_data	256x1024 com...
K	256
M	16
mod_data	256x1024 com...
N	1024
N_cp	64
N_fft	256
N_symbols	10000
num_sim	10000
ofdm_symbol	256x1 comple...
papr_db	10.8103
PAPR_per_s...	10000x1 double
papr_vals	1x10000 double
peak_power	0.0198
signal_power	272x1024 dou...
sym	10000
tx_signal	272x1024 com...

## 常见误区

恒包络调制（如QPSK）经滤波后会产生幅度波动，PAPR不再为0 dB

对于多载波系统，实际PAPR远小于理论最大值 $10\log_{10}(N)$

峰均比（PAR，Peak-to-Average Ratio）是衡量信号质量和系统性能的一项不可或缺的指标。

**峰均比计算需根据信号类型选择合适方法：**

确定性信号：直接通过解析式计算

随机信号：采用统计方法，通过大量样本仿真获取CCDF曲线

多载波系统：理论估算结合仿真验证

如果想进一步了解学习，观看视频课程《收发设计与指标讲解》，带你从顶层到器件，全面了解射频设计。扫描下方二维码：



皮诺曹

“ 射频工程师加油 ”

喜欢作者

作者提示: 个人观点, 仅供参考