

# 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



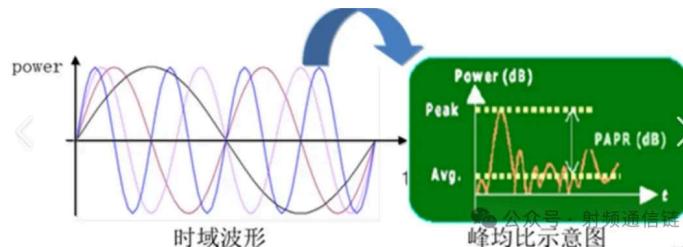
射频通信链

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（波峰因数 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

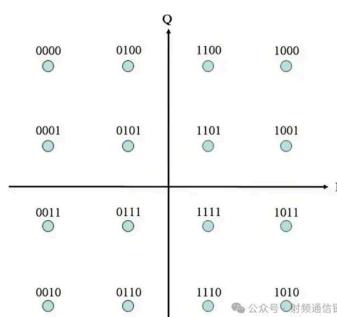
#### (1) 确定性周期信号

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：

$$PAPR_{max} = 10\log_{10}(N)(dB)$$

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...

公众号 - 射频通信链接

## 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。扫码下方二维码：



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