

非常见问题第177期： RMS功率与平均功率

作者：Doug Ito，应用工程师

问题：

我是否应该使用均方根(rms)功率单位来详细说明或描述与我的信号、系统或器件相关的交流功率？



答案：

这取决于您如何定义rms功率。

如果您不想计算交流功率波形的rms值，那么得出的结果可能没有实际意义。

如果您需要使用电压和/或电流的rms值来计算平均功率，那么就会得出有意义的结果。

讨论

在1Ω电阻上施加1V rms正弦电压时，会消耗多少功率？

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{1^2}{1} = 1 \text{ W} \quad (1)$$

这个问题的答案很明确¹，大家对此没有任何异议。

现在，我们将这个值与rms功率计算值比较看看。

图1所示为1V rms正弦曲线图。峰峰值为 $1 \text{ V rms} \times 2\sqrt{2} = 2.828 \text{ V}$ ，摆幅为+1.414 V至-1.414 V。²

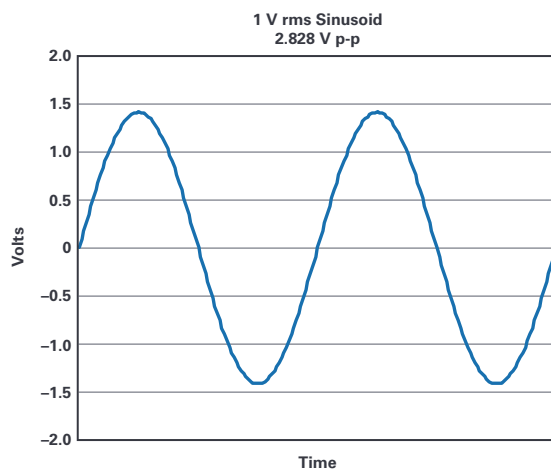


图1. 1V rms正弦曲线图。

图2所示为1V rms正弦电压施加于1Ω电阻($P = V^2/R$)时的消耗功率曲线图，其中显示：

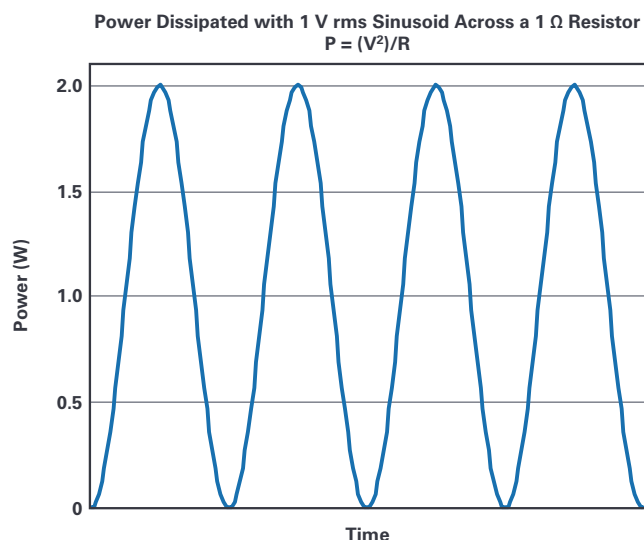


图2. 1 V rms正弦电压施加于1 Ω电阻时的消耗功率曲线图。

► 该瞬时功率曲线的偏移为1 W，摆幅为0 W至2 W。

► 此功率波形的rms值为1.225 W。

■ 计算此值的一种方法是使用公式²：

$$\text{均方根值} = \sqrt{\text{Offset}^2 + (\text{AC_rms})^2} = \sqrt{1 \text{ W}^2 + (2 \text{ W}/2\sqrt{2})^2} = \sqrt{1 + 0.5} \approx 1.225 \text{ W} \quad (2)$$

■ 可以在MATLAB®或Excel中使用更详细的公式⁴来验算这个值。

► 此功率波形的平均值为1 W。这可以通过查看波形看到：波形在1 V上下对称波动。计算波形数据点的平均数可以得出相同的值。

► 平均功率数值与使用rms电压计算得出的功率值相同。

1 V rms正弦电压施加于1 Ω电阻时，功耗为1 W，而不是1.225 W。所以，能够得出正确值的是平均功率，平均功率具有实际意

义。Rms功率（如此处所定义）没有明显的实用意义（没有明显的物理/电气意义），只是实践练习中可以计算的一个量。

例如，采用1 A rms正弦电流通过1 Ω电阻，执行相同的分析。得出的结果相同。

集成电路(IC)的电源一般为直流电源，所以rms功率对IC电源没有影响。对于直流而言，平均功率和rms功率的值相同。与本文中定义的rms功率不同，使用平均功率的重要性也适用于需要考虑随时间变化的电压和电流（即噪声、RF信号和振荡器）相关功率的情形。

使用rms电压和/或rms电流来计算平均功率，可以得出有意义的功率值。

¹ 电压施加于电阻两端产生功耗具有一种基本关系，可以从欧姆定律($V=IR$)以及电压（电能/电荷单位）和电流（电荷单位/时间）的基本定义轻松得出。电压 × 电流 = 电能/时间 = 功率

² 正弦电压的峰峰幅度 = rms值 × $2\sqrt{2}$ 。对于正弦电压， $V_{p-p} = V_{rms} \times 2\sqrt{2}$ ，其中 V_{p-p} 表示峰峰电压， V_{rms} 表示rms电压。这是大家熟知的关系式，许多教科书中都有提供，在以下站点中也可以找到：en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_square。

³ 这是从恒定的直流偏置值加上单独的rms交流值得出的rms值中演变而来，具体参见Keysight的应用笔记“[使用数字万用表实现更准确的AC RMS测量](#)”。

⁴ 标准教科书中提供的是以下这种更详细的公式。

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_1^2 + \dots x_n^2)} \quad (3)$$



作者简介

Doug Ito是ADI公司位于美国加利福尼亚州圣迭戈的高速ADC团队的应用工程师。他拥有圣迭戈州立大学电气工程学士学位。Doug是ADI公司技术支持论坛EngineerZone®高速ADC支持社区的成员。联系方式：douglas.ito@analog.com。

