

非常见问题第197期: Rf解密—了解波反射

Anton Patyuchenko, 现场应用工程师

问题:

波反射——为何在RF设计中理解这个概念非常重要?



答案:

本文面向非RF工程师, 简单介绍了与RF设计固有的关键特性相关的术语: 波反射。在低频下工作的普通电路与针对RF频率设计的电路之间的关键区别在于它们的电气尺寸。RF设计可采用多种波长的尺寸, 导致电压和电流的大小和相位随元件的物理尺寸而变化。这为RF电路的设计和分析提供了一些基础的核心原理特性¹。

基本概念和术语

假设以任意负载端接传输线路(例如同轴电缆或微带线), 并定义波量a和b, 如图1所示。

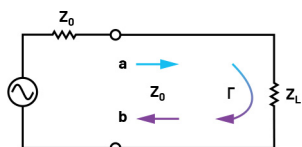


图1. 以单端口负载端接匹配信号源的传输线路。

这些波量是入射到该负载并从该负载反射的电压波的复振幅。我们现在可以使用这些量来定义电压反射系数 Γ , 它描述了反射波的复振幅与入射波复振幅的比值:

$$\Gamma = \frac{b}{a} \quad (1)$$

反射系数也可以用传输线路 Z_0 的特征阻抗和负载 Z_L 的复杂输入阻抗表示为:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2)$$

RF工程一般采用 $Z_0 = 50 \Omega$, 这是信号衰减和功率处理容量之间的折衷选择, 可以通过同轴传输线路实现。但是, 在有些应用中, 例如, 在需要远距离传输RF信号的广播系统中, $Z_0 = 75 \Omega$ 是更常见的选择, 以减少电缆损耗。

不管特征阻抗的值是多少, 如果负载阻抗相同($Z_L = Z_0$), 则表示该负载与传输线路匹配。需要注意的是, 只有在信号源与传输线路匹配时这个条件才有效, 如图1所示, 本文也做了这一假设。在这种情况下, 不会产生任何反射波($\Gamma = 0$), 负载从信号源接收到的功率最大, 而在全反射($|\Gamma| = 1$)的情况下, 根本不会向负载输送任何功率。

如果负载不匹配($Z_L \neq Z_0$), 则不会接收到全部入射功率。相应的功率“损耗”称为回波损耗(RL), 它与反射系数的大小相关, 可通过如下公式表示:

$$RL = -20 \log(|\Gamma|) \text{ dB} \quad (3)$$

回波损耗是指负载上的入射功率与反射回来的功率之比。回波损耗始终是非负值, 表示负载与朝向源极的负载上“显示”的网络阻抗之间的匹配程度。

如果负载不匹配, 反射波的存在会导致驻波, 从而导致电压振幅不稳定, 会随线路位置而变化。用于量化线路阻抗不匹配的

参数称为驻波比(SWR), 定义如下:

$$SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (4)$$

由于我们通常用最大和最小电压来解析SWR, 因此该量也称为电压驻波比(VSWR)。SWR是一个实数, 取值范围从1到无穷, 其中SWR = 1表示负载匹配。

结论

RF电路具有许多与普通电路不同的基本特性。设计和分析微波电路需要使用扩展概念来解决实际相关的问题。本文介绍和探讨了与RF系统的一个主要特性波反射相关的一些重要概念和术语。



作者简介

Anton Patyuchenko于2007年获得慕尼黑技术大学微波工程硕士学位。毕业之后, Anton曾在德国航空航天中心(DLR)担任科学家。他于2015年加入ADI公司担任现场应用工程师, 目前为ADI公司战略与重点客户提供现场应用支持, 主要负责RF应用。联系方式: anton.patyuchenko@analog.com。

ADI公司提供丰富的RF集成电路组合, 拥有深厚的系统设计专业知识, 能够满足广泛的RF应用中的各种严苛要求。此外, ADI提供整个技术支持生态系统, 包括[设计工具](#)、[仿真模型](#)、[参考设计](#)、[快速原型制作平台](#)和[技术论坛](#), 帮助RF工程师简化目标应用的开发过程。

参考资料

¹M. S. Gupta. “RF是什么?” *IEEE微波杂志*, 第2卷第4期, 2001年12月。

Hiebel, Michael. *矢量网络分析基础*. Rohde & Schwarz, 2007年。

Pozar, David M. *微波工程*, 第4版。Wiley, 2011年。

