

# 注重采用比较方法 提高射频电路教学质量

华 伟, 黄卡玛, 刘长军, 闫丽萍

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

**摘要:** 射频通信电路设计思想与低频电路的不同, 导致学生不能很好掌握其设计方法。将射频与低频电路的比较贯穿在教学环节, 从“场”与“路”的分析比较, 引入分布参数概念, 强调电路中的分布参数对电路设计的影响。从网络参数的定义入手, 强调散射参数的意义。从三极管的低频与射频等效电路的比较入手, 引入放大电路稳定性的概念。从功率传输的角度引入电路匹配的思想, 强调分布参数电路匹配设计的特点。在实践中取得了良好的效果。

**关键词:** 射频; 教学; 比较

## Comparison Method Improve the Teaching Quality of RF Circuit

HUA Wei, HUANG Ka-ma, LIU Chang-jun, YAN Li-ping

(College of Electronic & Information, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** There are the some differences between the design method of RF circuit and that of LF circuit, which causes the students can not to master it. Comparison method is introduced in teaching course to distinguish the concept of "field" and "road". By comparing the RF circuit with that of LF, the influence of distributes parameter in the RF circuit design should be emphasized. Meanwhile, the meaning of S parameter is emphasizing by use of comparison of network parameter definition. Comparing the equivalent concept circuit BJT in RF and LF, the stability concept of amplified circuit is introduced. The characteristic of the TML match is introduced from the analysis of power transmission. This method obtains good effects in the practice.

**Keywords:** RF; teaching; compare

随着射频技术在通信领域的广泛应用, 射频通信电路设计人才的需求量越来越大。不少学校开始将射频电路内容作为本科教学的重要部分列入教学计划。但是, 随着频率的升高, 电路中无源器件、有源器件的分布参数的影响逐渐显现, 使得射频电路与低频电路的设计和分析方法存在较大的差异。在射频通信电路的课程教学中, 学生难于领会射频电路的本质, 存在畏难情绪, 教学效果比较差。如何在授课过程中分析二者差异, 加强学生对射频电路概念与方法的理解, 从而很好地加以掌握, 是教学活动中亟待解决的问题。我们注重采用比较方法, 在本

科教学实践中, 始终注意将射频电路与低频电路的比较贯穿整个教学环节, 提高射频电路教学质量, 取得了良好的效果。

学生的难点集中在两个方面: 一是随着频率的升高, 出现低频电路中没有显露的现象, 需要用电磁场、电磁波的概念来认识, 需要采用传输线的方法来分析; 二是放大电路中的稳定性分析是低频电路没有涉及的新概念。设计中需要考虑分布参数、传输线特性对相位偏移、噪声、损耗、匹配等因素的影响, 使得射频电路设计具有一定的特殊性。

在教学中, 我们采用比较的方法。首先从“场”

与“路”的基本概念分析入手,说明随频率升高,射频电路的分布参数、趋肤效应、传输线对电路性能的影响。例如通过实例比较说明线路板上的一段导线,在低频电路中呈现“短路”状态,而在射频电路中,一旦其长度与传输波的波长可以比拟,那么,在这段导线的任意一点上,就不再像低频电路那样具有电位、电流处处相同的特性。这时,这段线就变成了射频电路中一段传输线。利用电磁场理论来分析这段传输线上波的传输特性,可以使学生了解在射频电路中的这段线将会影响阻抗匹配、信号的相位、衰减等参数。通过这种分析比较达到“比较不同,区别掌握”的目的。

从“场”和“路”的比较分析入手,引入散射参数的概念。由于阻抗矩阵、导纳矩阵、混合矩阵的定义都是基于电流和电压的关系,在低频电路中,其参数的定义和测量都是开路 and 短路参数。在射频电路中,通过电磁场的理论分析,理想的短路、开路难以做到,同时,这样的状态产生的强烈反射,又往往造成射频有源器件的损坏。按照匹配定义的散射参数,测量网络输入输出端口的功率,才具有实际的测量意义,可以用来直观地反映网络端口反射与传输的特性。虽然这些参数是可以互换的,但是,对于射频放大器的特性,采用散射参数可以更加完整方便地描述其反射特性、正向传输(放大)、反相传输的参数,方便地进行稳定分析、匹配设计等工作。对比低频下的放大倍数的概念,就会发现,在低频时,往往忽略器件的分布参数、反向传输系数等因素的影响,因而只需了解器件的输入输出以及输入对输出控制的单向特性。这恰恰是散射参数的一个特例。通过这种比较使学生更好的理解散射参数在射频电路中的意义。

从三极管的低频与射频等效电路的比较入手,引入放大电路稳定性的概念。放大器的设计是射频电路教学的重点。在低频电路中,由于电路的工作频率低,在建立低频等效模型时,将其工作的每一个瞬间当成是准静态,因而将三极管一般考虑成纯电阻网络和一个仅受输入控制的电流源。相对地,其射频等效电路则须考虑扩散电容、结电容的影响,就存在反向传输,因而单级就有自激振荡的可能性。因此射频放大电路设计中会遇到稳定判别的问题,需要根据稳定条件、噪声系数等条件来确定输入输出网络,以满足设计指标要求。由于低频有源器件

有广泛的选择余地,因此较少考虑这时的放大器是否处于最佳状态,可以很方便满足设计要求,而射频的单级放大器的功率增益有限,考虑其优化设计成为必然。

从功率传输的角度引入电路匹配的思想,强调利用电抗性元件进行匹配设计的特点。一般对于各种电路来说,其处理的信号最终都要传送到负载上。如果信号在传输过程中阻抗不匹配,所产生的反射都将对电路特性产生影响。低频电路的负载往往考虑成纯电阻,但是射频电路一般是要求对一定带宽的信号起作用,而要求带外频率信号迅速衰减。同时,为了减低损耗电路调配均采用对频率敏感电抗性元件或短截线,在射频高端更是需要采用分布式器件来实现电路的匹配。因此,与低频放大的电阻匹配相比,射频放大器在确定频率上的阻抗匹配、失谐(不匹配所产生的反射)的分析也就很重要。阻抗匹配情况的不同,电路的性能指标也不同。需要让学生了解分布式系统的特点,引导学生从传输线理论着手分析,掌握包括传输线理论、匹配理论等基础理论,让学生充分了解反射系数、损耗以及散射参数的意义。

分析射频与低频电路区别的实质,在于低频的分析方法忽略了电路中分布参数对电路的影响,主要将电路的特性简化为纯电阻性元件的影响,实际上完全可以按照射频电路的分析方法进行分析,只是由于频率极低,因而电路中分布参数的影响远小于器件集总参数,可以忽略不计。而且电路的尺寸远小于电磁波波长,电路分析的方法已经完全适用。而这恰恰说明低频电路是射频电路在频率较低时的特殊情况。当学生理解低频电路与射频电路是特殊与一般的关系,就可以克服畏难情绪,增强学习信心。

当前深化课程建设中如何提高学生的专业知识的素养,成为我们教学活动的指导思想。通过教学实践使我们体会到,不断地改进教学方法,根据学生特点研究教改思路,可以极大的提高教学质量。

## 参考文献

- [1] 刘长军,黄卡玛,闫丽萍等. 射频通信电路设计[M]. 北京, 科学出版社, 2005年第一版
- [2] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko. 射频电路设计—理论与应用[M]. 北京, 电子工业出版社, 2002年第一版