

# 基于 Multisim 的调幅收发信机仿真设计

梁丽芳\* 齐国清

LIANG Li-fang QI Guo-qing

## 摘要

为了帮助学生掌握高频理论和提高工程实践能力,将 Multisim 软件仿真引入高频电路实验教学中,本文精心设计 6Mhz 调幅收发信机仿真实验案例,将综合系统性设计任务通过教学设计合理切分成各单元电路实验内容,各单元电路和系统实现方案多样化,该教学案例具有系统性、综合性、模块化、工程性和开放性等特点,有助于培养学生综合实践能力。

## 关键词

高频电路实验; 调幅收发信机; Multisim 仿真

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2020.05.057

## 0 引言

高频电子线路是电子信息类专业的一门重要课程,该课程理论晦涩难懂,为了帮助学生深入理解理论知识,高频电路实验教学采用 Multisim 软件仿真方式<sup>[1-2]</sup>。考虑到高校实验课程逐步趋向于综合设计性实验,所以将高频电路实验整体规划为一个综合性的系统项目。因总学时数为 12 学时,不能全部覆盖调频、调相、调幅收发信机系统,调幅与其他两种相比,其电路简单,各单元电路难度均衡,电路整体的抗干扰性强,更适合学生进行仿真。本文根据收发信机结构框图的模块化特征精心设计了 6Mhz 调幅收发信机实验教学案例。

## 1 教学案例设计

### 1.1 实验原理

图 1 为调幅发信机的结构框图,它主要由高频振荡器、振幅调制器、高频功率放大器以及调制信号四部分组成<sup>[3-4]</sup>。高频振荡电路提供振幅调制所需的载波;振幅调制器实现对调制信号的振幅调制,产生调幅波;高频功率放大器对输入的调幅波信号进行功率放大<sup>[3-4]</sup>。

图 2 为调幅收信机的结构框图,主要由小信号谐振放大、调幅波解调电路构成。小信号谐振放大电路将收到的小信号调幅波进行放大,调幅波解调电路负责解调出原始信号<sup>[4]</sup>。

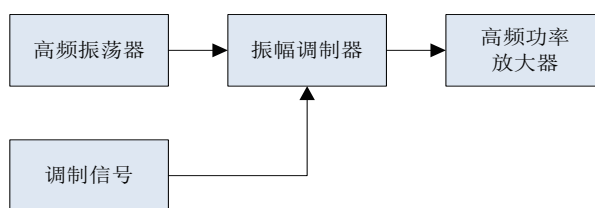


图 1 调幅发信机结构框图<sup>[3]</sup>

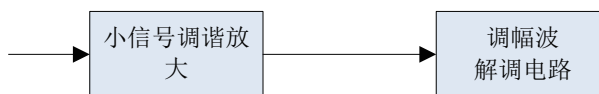


图 2 调幅收信机结构框图

### 1.2 实验任务

实验任务是实现 6Mhz 调频收发信机的仿真设计。分 6 次实验完成,每次 2 学时,前 5 次每次完成上述调幅发信机、收信机其中一个模块的电路仿真设计,最后一次完成系统仿真。按照理论教学进度合理安排实验顺序如下:

- (1) 小信号调谐放大器电路仿真
- (2) 正弦波振荡器电路仿真
- (3) 高频功率放大器电路仿真
- (4) 振幅调制电路仿真
- (5) 调幅波解调电路仿真
- (6) 调频收发信机的系统仿真

### 1.3 实验案例设计思路

从帮助学生理解理论的角度出发,在进行调幅收发信机各单元电路仿真时,要求学生以教材理论为基础,根据实验讲义上的参考电路进行仿真电路的设计,参考电路中关键元器件的参数部分需要学生自行计算,比如:各单元电路都需要计算元器件参数使频率指标为 6Mhz;也鼓励学有余力的学

\* 大连海事大学信息科学技术学院 辽宁大连 116026

[基金项目] 辽宁省普通高等学校本科工程人才培养模式改革试点专业项目(0039061305);教育部高教司 2018 年第二批产学研合作项目(201802051003)

生通过查阅其他专业文献采用参考电路以外的电路形式。考虑到学时关系, 仿真电路不宜太过复杂, 采用的元器件尽量使用一些常见的参数, 并按各实验指标要求设计, 实现基本功能。

系统仿真实验时, 不是简单的几个单元模块的堆砌, 需要学生自行设计单元仿真电路间的级联方式、单元电路间的匹配问题, 以及进行抗干扰设计, 使学生感受高频的工程特性。

#### 1.4 实现方案多样化

各单元电路都有多种实现方案, 因此系统电路也有多种组合方式。

(1) 小信号调谐放大器电路, 可选择单调谐电路或双调谐电路。

(2) 正弦波振荡器电路, 可选择 LC 振荡器、RC 振荡器或晶体振荡器等。

(3) 高频功率放大器电路, 可选择调谐功率放大器或谐振功率放大器等。

(4) 振幅调制电路, 可选择高电平 AM 调制、低电平 AM 调制或 DSB 调制等。

(5) 调幅波解调电路, 可选择包络检波器或乘积型检波器等。

#### 1.5 实验仿真实例

##### 1.5.1 单元电路仿真

单元电路仿真以正弦波振荡器为例来介绍, 以振荡器的理论为设计基础, 根据参考电路为设计蓝图, 经过具体计算和参数设计后, 得到如图 3 所示的仿真电路图。

图 3 中, 电路  $L_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  组成了振荡回路,  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ 、 $R_4$  构成三极管的偏置电路,  $R_6$  为谐振电阻<sup>[4]</sup>。根据谐振频率公式  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , 其中  $C = C_3 // C_4 // C_5$ , 经对仿真电路计算  $f_0 \approx 6.4\text{MHz}$ , 品质因数  $Q = \frac{f_0}{B_{3db}} = 64$ , 与要求的  $6\text{MHz}$

相近, 仿真时再微调参数, 产生中心频率  $f_0 = 6.0\text{MHz}$  的正弦波, 如图 4 所示, 波形相对稳定, 可以做振幅调制电路的振荡器。

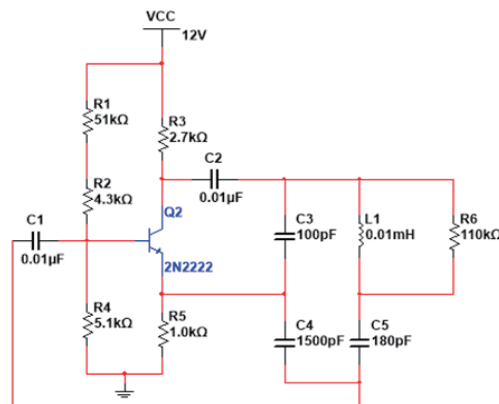


图 3 单元电路——正弦波振荡器仿真电路图

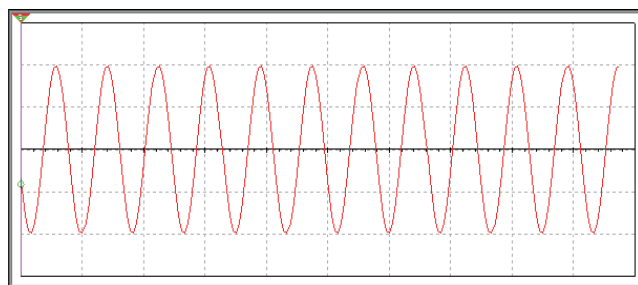


图 4 正弦波振荡器仿真波形图

##### 1.5.2 系统电路仿真

图 5 为学生系统仿真实例。学生通过在各单元电路之间加入射极跟随器, 将各单元电路进行连接, 实现调幅收发信机的系统仿真。因为仿真电路无法实现无线收发, 所以学生实验时, 将发信机和受信机直接相连, 即为有线连接。因此出现将高频功率放大器直接连接到高频小信号单调谐放大器电路的情况, 由于高频功率放大器对调幅波进行了功率放大, 它输出的信号超过了高频小信号调谐放大器电路的输入信号要求, 所以在二者之间加入幅度衰减电路, 将信号幅度降低到一定范围之内, 这样才能保证系统电路的正常仿真。

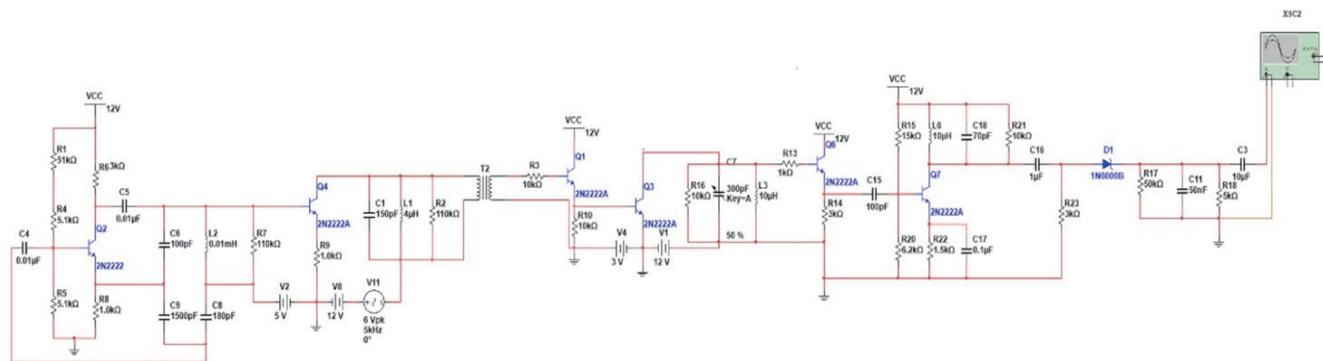


图 5 学生系统仿真电路举例

## 2 实验过程指导

本实验案例是一个涉及调幅收音机、发信机的实验实例，是一个比较完整的工程实践项目，需要经历学习研究、单元电路仿真调试、系统联调、设计报告总结等过程。在实验教学中，从以下几个方面加强对学生的引导：

### 2.1 查找资料方法指导

指导学生充分利用图书馆、网络、电子图书馆等资源获取技术资料和手册；自行查找各单元电路课本以外的其他电路实现方案。

### 2.2 电路仿真指导

着重介绍 Multisim 软件在仿真低频电路与高频电路的不同之处，促使学生快速掌握；高频电路使用元器件的注意事项；仿真遇到的共通问题课上统一分享解决方法；引导学生使用虚拟测试仪器测试仿真电路指标，比如示波器、波特图等。

### 2.3 测试过程指导

各模块关键测试点测试、系统联调分级保证、测试数据和波形的规范记录。

### 2.4 排查解决问题指导

高频实验难故障繁多是正常现象，针对问题，引导学生观察现象，对照理论分析现象排查可能原因，逐级分段排查故障。

### 2.5 实验撰写引导

引导学生掌握针对一个综合系统项目撰写报告的方法，

.....  
(上接 181 页)

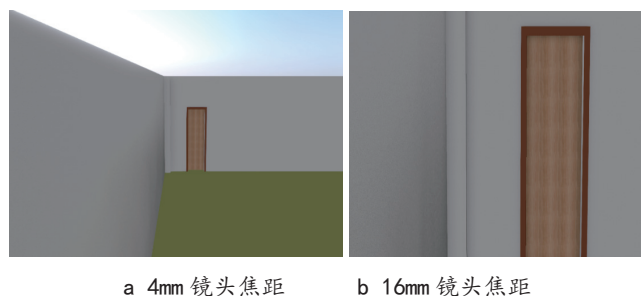


图 6 不同焦距的监控画面

通过对摄像机和镜头参数的设置，结合监控范围，对学生理解摄像机焦距计算具象化提供了极大的帮助。

## 4 结论

通过 revit 和 fuzor 软件的三维模型的构建和监控模拟的仿真应用，解决了视频监控系统课程中摄像机安装位置、角度、摄像机焦距等枯燥抽象的教学痛点，同时和三维的建筑进行结合，通过放置摄像机，调整摄像机参数，直接在监

教师提供一份单元电路实验报告模板，其中包含单元电路设计、仿真、测试报告、故障现象描述和分析，每次课后完成各实验报告，最后追加系统仿真、测试结果和问题分析，完成整个系统实验报告。

## 3 结束语

该教学案例需要综合运用低频电路和高频电路等理论知识，具体涉及调幅收发信机的系统组成、各单元电路的工作原理、电路结构、级联方式、组间阻抗匹配和抗干扰等方面的内容；也涉及高频电路设计、仿真、测量技术、系统调试方法等方面的知识。因此，该教学方案具有系统化、综合性、模块化、多样性、工程性、开放性等特点，有助于全面提高学生的综合实践能力。

### 参考文献：

- [1] 苗倩, 余志勇, 侯洪庆, 等. Multisim 仿真软件在高频电子线路教学中的应用与探讨 [J]. 现代电子技术, 2014, 37(20): 127-129+133.
- [2] 朱高中. 基于 Multisim 仿真软件在高频实验教学中的应用研究 [J]. 实验技术与管理, 2012, 29(11): 106-108+140.
- [3] 梁丽芳, 滕君华, 齐国清. 高频电路综合创新实验平台研究 [J]. 实验技术与管理, 2020, 37(03): 112-115.
- [4] 曾兴雯, 刘乃安, 陈健. 高频电子线路 [M]. 北京: 高等教育出版, 2004.

(收稿日期: 2020-03-22 修回日期: 2020-04-14)

控中心看到监控范围，验证摄像机监控范围的合理性，大大提高教师的教学效率和学生的学习效率。

### 参考文献：

- [1] 汤同芳, 李顺刚. 基于 BIM 技术以赛促学的智慧课堂教学模式初探——以《建筑设备与识图》课程为例 [J]. 中国教育信息化, 2019 (18): 83-86.
- [2] 侯学良, 邓忠清. 在“工程结构”课程教学中引入 Revit 软件 [J]. 中国管理信息化, 2019(01): 211-213.
- [3] 李建强, 刘振奎, 王张军. 基于 fuzor BIMVR 在地铁项目的应用研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2019 (08): 74-76.
- [4] 孙昱晨, 陈庆元, 周姜象. fuzor 仿真技术在建筑项目中的运用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2016 (11): 73-75.

### 【作者简介】

朱帅 (1985-), 男, 江苏沛县人, 硕士研究生, 讲师, 从事建筑智能化方向研究。

(收稿日期: 2020-04-20 修回日期: 2020-04-13)