

CircuitJS 在高频电子线路教学中的应用

植柯霖^{1*}

(^{1*}广州工商学院 工学院, 广东 佛山 528138)

摘要: 《高频电子线路》是电子类专业的必修课程, 具有较强的理论性和实践性, 使用实验室设备开展的实验教学模式存在模式僵化、教学设备局限等问题。本文介绍基于 CircuitJS 电路仿真软件平台的实验教学方法, 是传统教学法的补充。通过在具体案例中应用 CircuitJS, 提高学生的学习兴趣和实践能力, 提升教学效果。

关键词: 高频电子线路; 实验教学; CircuitJS

Application of CircuitJS in the teaching of high-frequency electronic circuits

Kelin Zhi^{1*}

(^{1*}Guangzhou College of Technology and Business, School of Engineering, Foshan, Guangzhou, 528138, China)

Abstract: High-Frequency Electronic Circuits is a compulsory course with strong theoretical and practical properties for electronics-related majors. The experimental teaching model using laboratory equipment has problems such as rigid modes and limitations of teaching equipment. This paper introduces an experimental teaching method based on the CircuitJS circuit simulation software platform, which serves as a supplement to traditional teaching methods. By applying CircuitJS in specific cases, students' interest in learning and practical abilities are enhanced, and the teaching effect is improved.

Keywords: High-Frequency Electronic Circuits; Experimental Teaching; CircuitJS

引言

高频电子线路是电子类专业的重要课程, 涉及复杂的理论知识和实际电路设计。在传统课堂教学中, 学生对抽象概念理论和电路工作原理的理解存在困难, 对高频电路的设计缺乏实践指导和训练, 众多教育工作者提出了不同的教学改革, 如杨光义^[1]等通过综合型模块化高频电子线路实验平台的研制提高教学质量; 而吴向周^[2]等通过高频电子线路虚拟实验系统的建立与应用提高教学质量; 刘伟伟^[3]等则提出了虚实结合的高频电子线路实验教学改革方案设计。从这些学者的教学改革方案中看出, 对于高频电子线路实验的教学, 实际电路系统在学生知识认知环节具有重要的教学意义, 而仿真实验工具在提高教学灵活性方面也极具重要教学价值, 所以不仅需要重视实际电路系统的教学应用, 同时也需要重视仿真实验工具的应用。目前常用于高频电子线路教学的专业电路仿真工具有 Multisim^[4]、MATLAB^[5]、LabVIEW^[6]、ADS^[7]、Proteus^[8]等, 这些仿真工具在仿真性能方面有着相当高的优势, 但这些仿真工具需要进行本地化安装, 同时还要求较高的电脑配置; 并且这些软件使用起来较复杂, 需要经过系统培训才能掌握其仿真功能, 对于未接触过这些仿真工具的学生, 要开展仿真实验, 还需要额外开展相应的仿真工具实操培训, 对于学时有限的高频电子线路的教学较为不利。

CircuitJS^[9]是一款 web 在线电路模拟器, 完全在浏览器中运行, 无需安装额外的软件, 只

要求电脑能够连接互联网，目前便捷的互联网通信是非常容易实现的。CircuitJS 具有操作简单、功能强大、免费易用等特点，它提供了丰富的元件库，涵盖了各种常见的电子元件，如电阻、电容、电感、晶体管、集成电路等，用户可以通过简单的拖拽和连接操作构建模拟或数字电路，并进行实时仿真和分析，生成的电路也可以保存下来以及在线便捷分享。

目前，CircuitJS 在电子类教学中得到了广泛关注，如万嘉誉^[10]等融合虚拟仿真技术 优化中学电路教学应用 CircuitJS 到中学物理教学中；李悦丽^[11]等在在线开源仿真软件在“电路分析基础”课程中的教学探讨中将 CircuitJS 应用到了电路分析基础课程的教学，都收到了较好的效果。

CircuitJS 在电路搭建环节即可观察电路的通断、线路中是否有电流等，直观地展示电路的运行状态和信号变化。应用 CircuitJS 开源仿真工具到高频电子线路的教学中，有助于学生更好地掌握高频电子线路知识，提升学生的实践探索能力。

1.CircuitJS 在高频电子线路教学中的具体应用

高频电子线路实验主要围绕高频信号的产生、放大、调制、解调、滤波、变频等核心技术展开，实验项目包括高频小信号谐振放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、调幅（AM）调制与解调^[12]等。以高频放大器电路^[13,14]为例，在实际教学中可按照如图 1 的流程开展电路仿真实验。

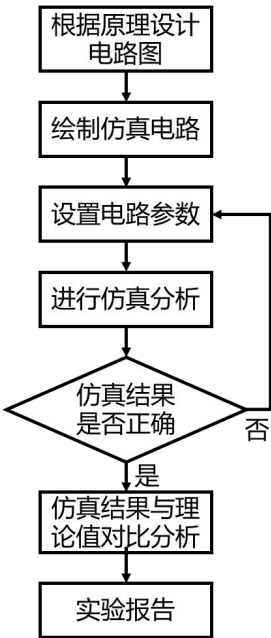


图 1 仿真实验流程

在 CircuitJS 中搭建如图 2 所示电路模型，基极 2kΩ电阻和 20kΩ电阻为晶体管提供放大电路的偏置电压；1kΩ发射极电阻在高频放大器电路中有多方面的作用，一是构成直流负反馈，抑制温度漂移、纠正非线性失真、改善带宽，保证高频下工作点不变，减少高频谐波和互调失真，使频率响应更宽、更平坦，它是放大器正常工作的前提，同时也避免产生自激振荡；二是提高输入阻抗，减轻对前级高频选频回路（如 LC 谐振电路）的负载，保持其 Q 值和选择性。发射极 100nF 旁路电容提供高频信号交流通路；集电极 2.2nF 电容和 10uH 电感组成谐振回路，对进入高频放大器的信号进行选频并输出需要的频率分量。输出端 10kΩ电阻为负载电阻；输入和输出都由 10nF 耦合电容阻隔直流成分。

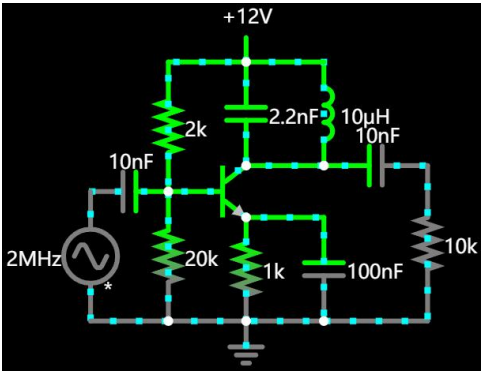


图 2 高频放大器电路

若信号输入幅度固定为 1mV，调整输入信号的频率，可以直观地观察到放大器负载 10kΩ 电阻的电压输出如图 3 所示。图示中输入信号的标称频率依次是 500kHz、1MHz、1.07MHz、1.5MHz 和 2MHz。从图示可观察到频率为 1.07MHz 时，负载电阻两端的电压最大，远远高于其他频率信号的输出电压，说明选频回路很好地筛选出了 1.07MHz 频率附近的信号。

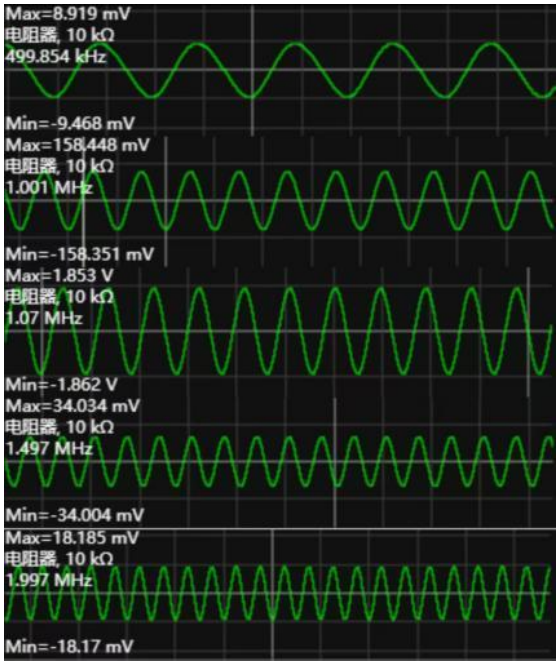


图 3 不同频率下输出信号在负载电阻上的波形图

根据设计的电路参数计算出高频谐振放大器的谐振频率正是 1.07MHz。由于 CircuitJS 没有对应的频谱分析仪，为观察不同频率信号对应的增益情况，对输入信号分别设置如表 1 所示的频率，幅度设置为 1mV。可以观察到当输入信号频率发生变化时，高频信号放大器的增益也会随之变化，输入信号与选频网络的选频特性一致或相近时，输出信号幅度最大，高频信号放大器的增益最大，偏离谐振频率，其增益较小。

表 1 不同频率信号在高频谐振放大器电路上的增益变化

输入信号频率（MHz）	输出信号幅度（mV）	增益
0.5	8.92	19
1.5	158.45	44
1.07	1855	65（峰值）
1.5	34.04	31
2.0	18.19	25

为观察设计的高频谐振放大器对输入信号的幅度要求，设计如表 2 所示的幅度，输入信号频

率保持为 1.07MHz.可以观察到改变输入信号的幅度，高频信号放大器的带宽也会随之变化，当幅度偏离 1mV 一个数量级时，其带宽迅速增大几十倍，因此可以分析出高频谐振电路对特定输入幅度的信号具有较高的频率选择性。

表 2 不同幅度的输入信号对高频谐振放大器带宽的影响

输入信号幅度 (mV)	同频带下限 (kHz)	同频带上限 (kHz)	带宽 (MHz)
0.05	141.6	39330	39.1884
0.1	444.3	4169	3.7247
1	446.5	3979	3.5325
5	142.1	39200	39.0579
10	142.6	38750	38.6074

高频谐振放大器是无线通信系统的核心前端电路，通过 circuitJS 工具很好地展现了高频谐振放大器的选频、增益、带宽等知识内容，实验搭建环节简单，只需要根据电路图选择电器元件、连接好电路、修改元件参数，调出示波器即可观察实验数据的动态信息。

2.CircuitJS 在教学中的优势

(1) 提高学生的学习兴趣

CircuitJS 的直观性和交互性能够吸引学生的注意力，激发他们的学习兴趣。后续高频谐振功率放大器、高频振荡器^[15]、信号的调制与解调^[16]等都可以应用 circuitJS 开展相应的电路仿真实验。学生可以通过自己动手搭建电路并进行仿真，亲身体验电路的运行过程，从而更加积极主动地参与到学习中来。

(2) 增强学生的实践能力

通过使用 CircuitJS，学生可以在虚拟环境中进行大量的电路设计和调试实践，积累丰富的经验，为今后的实际电路设计和实验操作打下坚实的基础。

(3) 丰富教学手段

CircuitJS 为教师提供了多样化的教学手段，教师可以结合传统的教学方法，利用 CircuitJS 进行课堂演示、实验指导等，使教学过程更加生动有趣，提高教学效果。

3.结论

CircuitJS 在高频电子线路教学中具有广泛的应用前景，它能够有效地解决传统教学中的一些问题，提高学生的学习兴趣 and 实践能力。然而，CircuitJS 也存在一些局限性，如对复杂电路的仿真精度可能不够高，缺乏必要的电路分析工具如频谱分析仪，因此在教学中应将其与其他教学方法和工具相结合，充分发挥各自的优势，以达到更好的教学效果。

参考文献:

- [1] 杨光义,徐乐轩,姜凤丹,等.综合型模块化高频电子线路实验平台的研制[J].实验科学与技术,2023,21(01):13-19.
- [2] 吴向周,张富杰.高频电子线路虚拟实验系统的建立与应用[J].新一代:理论版,2021(5):1.
- [3] 刘伟伟,张艳玲,周培祥.虚实结合的高频电子线路实验教学改革方案设计[J].实验室科学,2025,28(02):119-123.
- [4] 裴瑞平,韩超,王洋,等.Multisim 在高频电子线路教学中的应用[J].电子技术,2023(11):9-11.
- [5] 庞志华,李佳,范长德,等.Matlab 在高频电子线路课程教学中的应用[J].北华航天工业学院学报,2024,34(02):32-34.
- [6] 赵海涛,李开阳,王卓鹏,等.基于 LabVIEW 的高频电子线路虚拟仿真实验平台[J].科技视界,2022,(15):11-14.
- [7] 师晓敏.ADS 软件在"高频电子线路"实践教学中的应用[J].现代信息科技,2024,8(16):189-193.

- [8] 杨友福,殷敬伟,周天,等.基于 Proteus 仿真软件的高频电路实验教学研究[J].高教学刊,2019,(07):67-69.
- [9] 果冻的猿宇宙. Circuitjs -- 一款 web 在线电路模拟器应用简介. (2020) <https://book.xiaogd.net/usage-of-circuitjs/circuitjs-an-online-circuit-simulator-intro.html>.
- [10] 万嘉誉,毕皓天,蔡武德.融合虚拟仿真技术优化中学电路教学——以 CircuitJS1 在线开源仿真软件为例[J].湖南中学物理,2023,38(04):75-79+98.
- [11] 李悦丽,谢晓霞,田瑞琦.在线开源仿真软件在“电路分析基础”课程中的教学探讨[J].学周刊,2022,(15):6-8.
- [12] 王红霞,马知远,吴文全,等. 高频电子线路实践教程 大中专理科计算机[M].清华大学出版社,2023.
- [13] 肖振华,邹昱.高频电子线路教学新视角:以 Multisim 仿真高频小信号谐振放大器为例[J].进展, 2025(3):193-196.
- [14] 王可青,孟涛,王晓玉.Multisim 仿真在高频电子线路中的应用——以高频小信号放大器为例[J].科教导刊(电子版), 2023:62-64.
- [15] 夏书峰,巢明,王开宇.高频正弦波振荡器教学方法的一些探索[J].电气电子教学学报,2014,36(02):54-56.
- [16] 常红霞,李素平.振幅调制解调电路仿真在多层次教学中的应用研究[J].黄山学院学报,2023,25(03):108-111.