

# 数字电路实验虚拟仿真教学系统

孙沫丽 李倩 李伟光 郭亮 张晏铭

(长春光华学院, 吉林 长春 130000)

**摘要** 数字电路实验作为高校数字电路课程必修环节,起到了至关重要的作用。为了满足高校数字电路课程对于线上实验课程的需求,本文提出了基于Unity技术的数字电路实验虚拟仿真教学系统,该系统实现了学生在没有实验设备的前提下,仍然可以通过虚拟仿真教学系统完成实验任务。学生可以随时进入虚拟仿真教学系统进行学习和实验,如同在真实的环境中一样观察和操控实验设备。这种教学设计丰富了学生的感性认识,提高了学生的学习效率和实际动手能力,有效弥补了学生在真实场景进行实验的不足。

**关键词** Unity 虚拟仿真 数字电路实验

**中图分类号:** G642

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2022)09-0093-03

《数字电路实验》是理工类高校必不可少的电子类基础课程<sup>[1]</sup>。目前,电子技术型人才稀缺,技能要求严格,在这方面加强学生的动手能力及认知水平刻不容缓。传统的实验过程需要在实验教师的带领下,在规定好的时间、地点,按照规定的内容和流程进行实验,导致学生的学习时间不能够灵活掌控<sup>[2]</sup>。另外,实验手段单一,实验现象展示不够形象化,学生被以“填鸭式”的方法接受电路原理并重现过程,书写千篇一律的实验报告,学生学习兴趣低落,对知识和技能的理解不够深入,学生的实践能力也得不到有效的提升<sup>[3]</sup>。同时,实验设备稀缺、老化、价格昂贵、设备更新换代、安全事故等也是目前面临的主要问题<sup>[4]</sup>。

随着线上教学模式的不断普及,《数字电路实验》往往因为实验设备的原因不能够完成线上的实验教学任务,或者退而求其次选择二维的电学平台作为实验教学平台。虽然电学类的二维虚拟仿真平台相对成熟,比如 protel、multisim、viewlogic 等<sup>[5]</sup>,但是二维仿真软件大多只注重电子元器件符号的连接,相当于将书本上的电路图搬到电脑上,仍然不够真实,初学者在不懂专业术语或专业技术的情况下上手困难,大大降低了学习者对仿真实验的学习兴趣<sup>[6]</sup>。为了提升虚拟实验的沉浸感和交互性,面向电学领域的三维虚拟仿真实验平台的构建研究势在必行。

本文采用虚拟现实技术设计研发一套数字电路实验虚拟仿真教学系统,切实解决实验室设备短缺、设备老化、更新换代等实际问题,缓解学生们课余时间想进行实验与实验设备、实验场所紧缺的矛盾,同时

为实验室教师演示、讲解实验过程提供了便利,丰富了教学手段,提高了教师的教学效果。这种新的实验平台丰富了学生的感性认识,加深了学生对于知识的理解,大大提高了学生的学习效率和实践动手能力,对真实场景的实验模式是一个有效的补充。

目前,线上教学模式的改革正在如火如荼的探索当中,本课题的研究有助于高校实验室线上教学模式的改革研究,在节约设备成本的同时,为网络课程无法进行远程实验提供了新的解决方案<sup>[7]</sup>。

## 1 虚拟仿真教学系统的总体思路

系统设计思路有三个主要内容:系统需求分析、技术可行性论证以及仿真内容研究。需求分析主要从高校数字电路课程的教学需求以及实验现状暴露出的问题着手,切实解决学生与教师在实验过程中出现的各种问题。技术可行性论证阶段主要关注实验模型的设计与制作流程,通过 3DMAX 或者 MAYA 模型设计软件设计实验模型,同时考察 Unity3D 对于实现模型交互的技术可行性。仿真内容研究阶段主要关注需要仿真的数字电路实验以及实验用到的电子元器件,通过与数字电路课程教师沟通确定实验内容以及实验细节,最后确定研发方案。

## 2 虚拟仿真教学系统的开发流程

根据需要仿真的实验内容明确需要仿真的电子元器件,主要包括:实验箱主体、LED灯、各种开关、二极管以及导线等。由美工对相关的元器件进行原始资料的采集,根据实物清楚地认识需要建模的电子元

★基金项目:吉林省高等教育教学改革研究课题,项目名称:高校《数字电路实验》虚拟仿真教学平台的建设与应用研究。

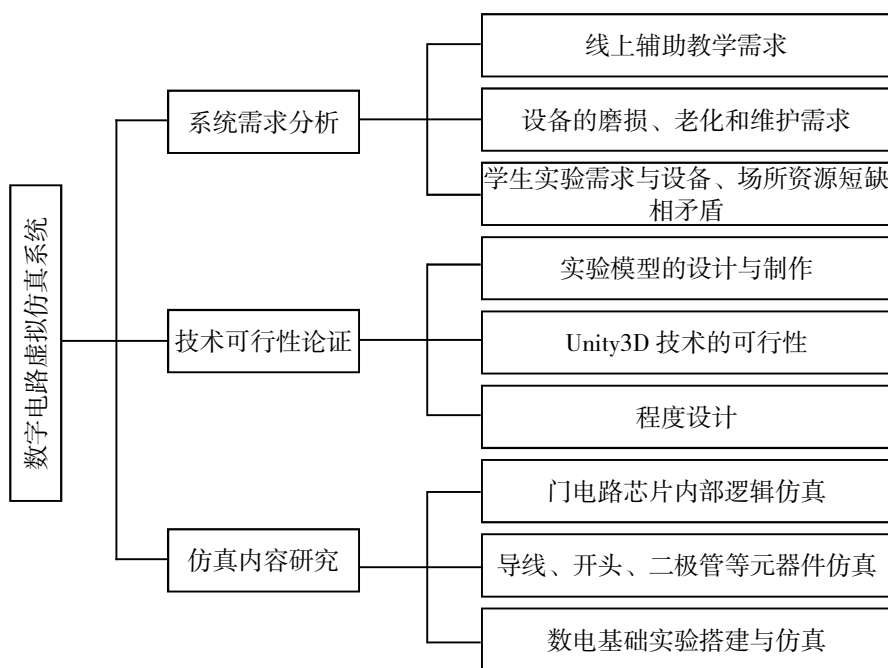


图1 总体设计思路

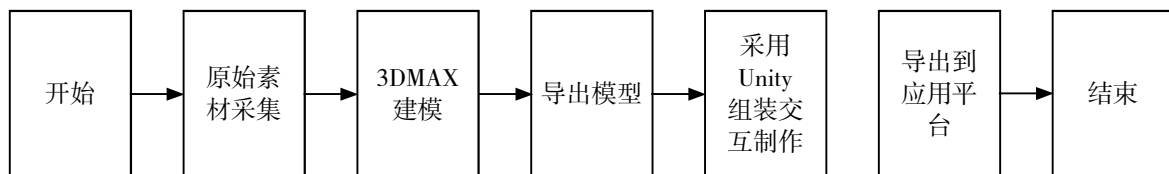


图2 开发流程

器件的具体细节并利用三维建模软件制作元件的模型。将模型制作完毕后，还要对模型贴图进行渲染增强真实感，最终以FBX的格式导出，只有该种格式才能被Unity识别并进行后台操作。在Unity环境进行场景搭建，UI交互界面搭建，对导入的模型进行分组，其中实验箱作为父对象，连接到实验箱的各种电子元器件作为子对象，使用C#对实验箱体，电子元器件进行功能仿真，开发流程如图2所示。

### 3 虚拟仿真教学系统的功能实现

#### 3.1 实验箱主体功能实现

根据实验内容，目前实验箱的主体功能主要分成四个区域：总开关区、插槽区、LED现实灯区以及状态开关组区，每个区域都是一个类。总开关区主要负责总电源的导通与截止。插槽区根据引脚数不同设计不同的子类，包括14引脚、16引脚以及20引脚。插槽区的父类主要检测插槽的导线连接状态。LED显示灯主要负责端子的连接状态检测，信号灯的亮与灭功能实现等。开关组包括12个状态开关，主要检测端子

的连接状态，导通与截止功能实现等。

#### 3.2 芯片功能设计

本系统初步设计了五种芯片，型号分别为74LS00、74LS04、74LS28、74LS86、74LS153，芯片根据型号不同，又分为14引脚、16引脚以及20引脚。根据芯片的特点，设计一个父类对芯片的共性进行管理，不同芯片由引脚数以及型号进行区分，分成指定型号的子类。子类主要负责仿真芯片的内部逻辑以及引脚的状态切换。以74LS00为例，在继承芯片父类的前提下，由于其内部包含四个异或门，引脚的含义为：1,2,4,5,12,13引脚为输入端，3,6,8,11为输出端7为地端，14引脚为电源VCC端，由芯片子类检查端口的连接情况，并根据异或门的逻辑决定输出端的状态。芯片操作过程如图3所示。

#### 3.3 导线连接方案设计

导线主要起到连接电子元器件的作用，电子元器件通过导线的连接最终实现了电路图的连接过程。由于导线具有连接的不确定性且错综复杂，导线的模型不能通过固定形状进行表示，因此本系统采用贝塞尔



图3 芯片操作与展示

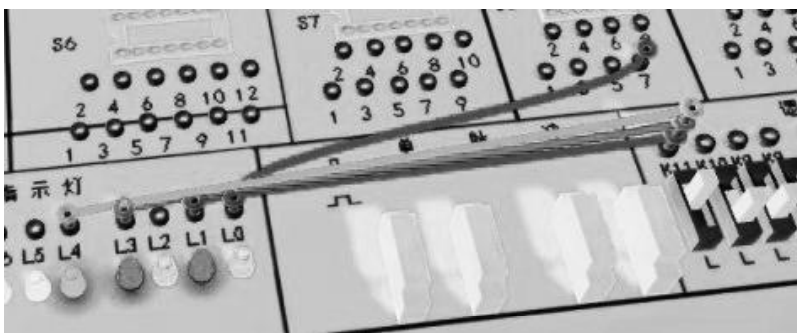


图4 导线的连接与电路导通

曲线表示导线的形状，根据导线的走向，由程序自动绘制贝塞尔曲线进行线路的连接。导线的连接端子由模型设计师设计完成。导线的连接方案是通过UI界面选择“使用导线”，鼠标变换成连接端子的形状表示连接开始，鼠标接近实验箱的端子会自动吸附，当松开鼠标及完成导线一段的连接，进入导线另一端的连接过程。当导线两端连接完毕以后鼠标恢复正常状态，再次点击导线的某个端子可以实现导线的摘除以及再连接。导线类除了实现贝塞尔曲线绘制以外，还包含导线端子连接状态的检测与电流导通仿真，电流导通算法采用数据结构中的连通图递归算法，当导线连接电源以及灯泡等元器件时，打开电源及实现电流导通，导通过程如图4所示。

#### 4 数字电路实验检验系统

选取组合电路实验中的某个实验对数字电路虚拟仿真系统进行检验，根据实验要求进行电路设计，得出电路公式并绘制电路图，确定需要的芯片，根据题意的含义通过导线进行连接，输入端为A,B,C，输出端为Y，下图中根据A,B,C的组合输出Y的值，经虚拟仿真教学系统进行测试，结果完全满足实验要求。

#### 5 结论

数字电路虚拟仿真教学系统采用建模技术、Unity技术、仿真技术等，构建了数字电路实验的虚拟仿真

的实验环境。有效解决了高校师生数字电路课程实验设备短缺、实验机会较少、实验操作不便等实际问题，随着信息技术的快速发展，线上教学模式已经逐渐普及到各大高等院校的教学手段中，使得在线教育成为必然的趋势。对于量大面广的数字电路实验课程，开发基于Unity技术的虚拟仿真教学系统对保证、提高线上、线下数字电路实验教学，实现教育现代化具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 赵洋洋, 盛思远. 基于Unity3D的物理光学实验的设计与仿真[J]. 物理实验, 2021,41(02):49-52.
- [2] 狄海廷, 李耀翔, 辛颖. 虚拟仿真实验室资源共享模式[J]. 实验室研究与探索, 2015,34(12):148-151.
- [3] 陈萍, 周会超, 周虚. 构建虚拟仿真实验平台, 探索创新人才培养模式[J]. 实验技术与管理, 2011,28(03):277-280.
- [4] 廖胜姣, 肖仙桃. 基于文献计量的共词分析研究进展[J]. 情报科学, 2008(06):855-859.
- [5] 范小露, 张新毅. 国内虚拟仿真实验教学研究趋势与热点分析[J]. 科教文汇, 2020(03):489-450.
- [6] 栾飞. 基于Unity3D的液压传动虚拟仿真教学系统开发[D]. 济南: 山东建筑大学, 2015.
- [7] 孔德龙, 胡万欣. 基于Unity 3D的地铁信号设备综合仿真平台研究[J]. 实验技术与管理, 2019,36(09):103-110.