项目编号：pdjh2023c11017

**2023**年度“攀登计划”广东大学生科技创新  
培育专项资金资助项目结项认定材料

项目名称： 基于数字孪生的网络电路实验系统

项目等级： 校级项目

**项目负责人： 华羽霄**

**项目成员： 汤竑敬，郝熙哲，张艺峰，钟梓轩**

**承担单位： 南方科技大学**

类别：

☑科技发明制作类

□ 自然科学类学术论文

□ 哲学社会科学类社会调查报告和学术论文

项目研究工作总结报告

项目名称：基于数字孪生的网络电路实验系统

项目负责人：华羽霄

小组成员：汤竑敬，郝熙哲，张艺峰，钟梓轩

指导老师：刘国平

本项目于2022年申报2023年度攀登计划专项资金，并于2022年12月份正式立项。目前，本项目已进入到结项阶段。本项目背景是：传统电路实验必须依靠学生亲自动手操作，组建系统观测数据，才能对该实验所涉及的知识有更加深刻的理解，在一些特定情况下，由于时间、空间的局限性，学生无法到达实验现场开展实验。此外，部分电路实验设备造价和维修更新费用昂贵，同时具有一定危险性，不便于统一管理。本项目以上述问题为出发点，基于已有的NCSLab系统设计了一种允许用户通过互联网访问和进行电路实验的在线实验室。网络在线实验平台的出现，大大缓解了实验资源短缺的问题，为资金匮乏的高等教育机构提供了更多的选择和机会。

本项目的技术路线是在PCB板上搭建电路，并利用树莓派的I/O接口来控制MOS管进而控制电路中的各条支路。在各种工作情况下的待测点电压数据通过数字显示电压表测量，再将树莓派连接的PiCamera摄像头将实验现场的视频流通过Socket和HTTP传输至网页端。用户可以通过输入开关指令，与元器件进行实时交互。

在申报攀登计划时，我们已完成部分电路基础实验的PCB电路板绘制、3D模型建设以及实物搭建。但是相比成熟的在线实验室还有比较大的不足：第一，电路实验PCB电路板支路控制问题还未完全解决，不能以简单方便的形式来控制各个支路的通断。在电路实验中，我们会需要让某个节点或支路断开和导通，以此来达到串联或并联一个新元件的目的，我们需要找到一种便捷的方法来控制电路里很多支路与节点的状态。第二，电路实验PCB电路板的电源供给还存在问题，无法实现程序控制电压源输出可调节的电压。在电路实验中，经常需要改变输入电压或者施加在某个原件的电压来进行实验测试，目前市场上的程序控制可调电压源体积较大，售价昂贵，不利于我们集成到机箱里给电路实验PCB电路板供电。第三，网络传输部分依赖于校园网及其质量，并不适用于校外用户或者使用移动数据的用户。另一方面，在数据传输方面依赖于校园网的传输速度。因此，自攀登计划立项以来，我们对项目进行了很多方面的改进。

第一阶段（23年3月-23年7月），在这段时间里，我们主要的工作在与对电路实验PCB电路板的设计。首先我们设计了一个板载的程控可调电源模块，电源模块主要由MCP4017可编程电阻和SX1308升压芯片组成。这个电源模块可以使用树莓派的IIC接口控制，根据指令输出3V-24V电压，其中有24个档位可以调节，能够满足电路实验的需要。其次，我们完成了具体的电路实验PCB电路板设计，我们首先对一个较简单的“分压定理”进行电路设计，选用了MOS管来控制几条支路的通断，并留出外接电压表的接口。这样就能通过树莓派I/O来控制支路的通断，进而达到不同电阻并联模式，从而能验证分压定理实验。

第二阶段（23年9月-24年1月），在这段时间里，我们主要研究将之前做好的电路板进行数字孪生和模块化实验箱设计。我们购买了机箱，在其中布置好了电路板，摄像头，主控树莓派和照明灯等设备，模块的设计能极大方便后期维护和规模化应用。

第三阶段（24年3月-24年6月），在这段时间里，我们主要研究网络部分，用户与实验系统的交互。我们利用HTML、Javascript、CSS搭建出网页前端，并加入电路板的3D渲染交互，用户可以多角度全方面观察电路板的细节。另一方面，设计交互框让用户得以控制电路元器件状态，并且基于Socket将摄像头画面推流至网页界面，让用户实时观察电路中输出电压的变化。

在攀登计划专项资金的资助下，本项目已基本达成预期目标，制作出了实物设备，并正在进行专利申请。之后，我们将继续进行后续收尾工作，尽可能地推出更多的电路实验，优化操作界面，使网络电路实验系统能真正投入使用，服务本校学生。