

# 在线实验MOOC建设背景与理念

## ■ 建设背景

- ◆ 传统计算机实验教学由于“**时空限制**”，降低了实验设备的利用率和实验的方便性，影响了对学生创新能力和实践能力的培养
- ◆ 传统实验方式不便于群体协同学习和时间碎片化学习
- ◆ 传统实验难以进行大规模、高成本/污染、不可及或不可逆的实验
- ◆ 传统**一流学科的实验设备、实验内容和实验教师很难被国内其他高校的学生共享而获益**，因而影响了国内一流实验教学成果对其他高校的辐射作用
- ◆ 传统实验**设备维护和更新难度较大**不利于高校实验教学改革与创新，不便于对实验全过程的数字化管理和大数据分析

**实验MOOC不仅是需要的，初步实践证明技术和模式是可行的**

# 建设层次

## ■ 实验在线MOOC课程建设的四个层次

把实验学习变成一件快乐的事情

**L4 : 寓教于乐**

大数据分析支持的在线实验MOOC

**L3 : 大数据支持**

虚实结合，能实不虚，相互补充

**L2 : 虚实结合**

CPU模拟器、FPGA模拟器、移动设备模拟器、路由器/交换机模拟器

**L1 : 软件模拟**

- **层次3：大数据分析支持的在线实验MOOC**
  - 在线实验MOOC提供了实验全过程数字素材，在大数据环境下开展以计算为手段的新的实验研究，从根本上改变传统实验方法的设计和评价方法。
  - 在大数据和互联网+环境下，研究以大数据为支撑的个人和群体的在线实验行为，建立面向实验全过程的数学模型，进而合理地优化、配置和共享优质实验资源，全面而均衡地实现实验资源的规模化共享、个性化学习和创新性培养

## 个性化教育思路——建立学生知识图谱与学生画像

	知识点1	知识点2	知识点3	知识点4	知识点5	知识点6	知识点7	知识点8	知识点9
学生A	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	未掌握	未开始	未开始
学生B	已掌握	未掌握	正在学	正在学	未开始	未开始	未掌握	未开始	未开始
学生C	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	未开始	未开始	正在学	正在学	已掌握
学生D	未开始	未掌握	正在学	已掌握	未掌握	未开始	已掌握	未开始	已掌握
学生E	已掌握	未掌握	未开始	已掌握	未开始	未开始	已掌握	未开始	已掌握
学生F	已掌握	未掌握	未开始	正在学	正在学	正在学	未开始	未掌握	已掌握
学生G	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	未掌握	已掌握	已掌握	未开始	已掌握
学生H	已掌握	已掌握	未掌握	已掌握	已掌握	已掌握	已掌握	未开始	未掌握
学生I	已掌握	未开始	未开始	未掌握	未开始	正在学	正在学	未掌握	未开始

未开始

正在学

已掌握

未掌握

# 基于大数据分析的教学研究方法



# 北航在线实验MOOC平台

## ■ 计算机网络在线实验平台

- ◆ 《计算机网络实验》（本科生）
- ◆ 《计算机网络与通信实验》（研究生）

## ■ FPGA硬件在线实验平台

- ◆ 《数字逻辑实验》
- ◆ 《计算机组成实验》
- ◆ 《计算机EDA设计》
- ◆ 《计算机接口与通信》
- ◆ 《FPGA多核并行计算》
- ◆ 《数字系统设计》

**三个子平台各具特色，  
基本覆盖计算机硬件类  
课程体系**

## ■ 移动计算与嵌入式在线实验平台

- ◆ 《移动计算》
- ◆ 《嵌入式系统》

# 在线实验平台

**建设宗旨：**建设一个全时空、跟随式、虚实结合的硬件云平台



**MOOC V2.0 = 理论MOOC+实验MOOC**

# 计算机硬件类在线实验平台

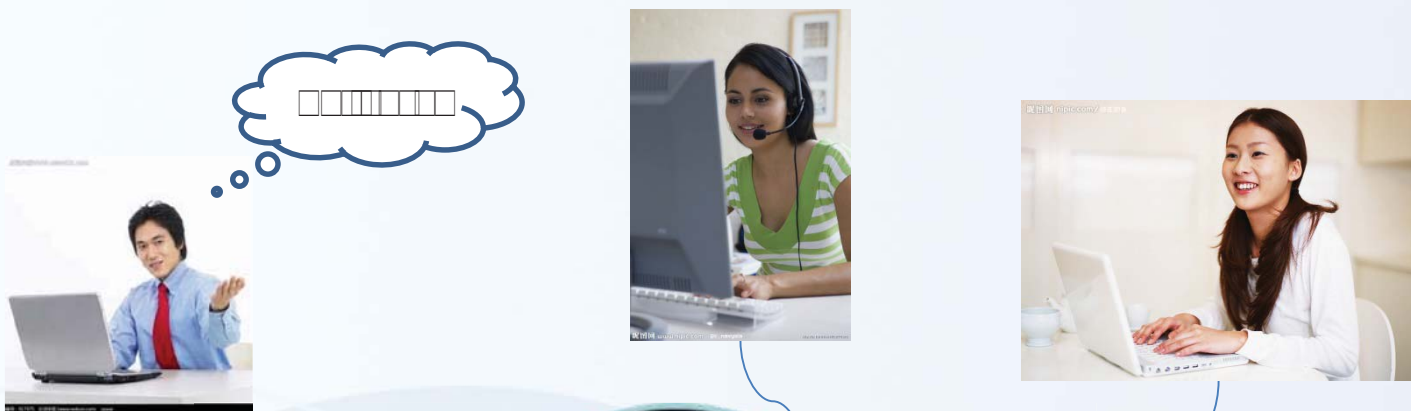


北航计算机核心课程群  
实验MOOC平台

10



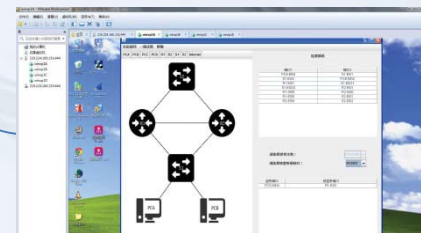
# 在线实验平台



硬件设备



北航实验  
MOOC硬件云平台



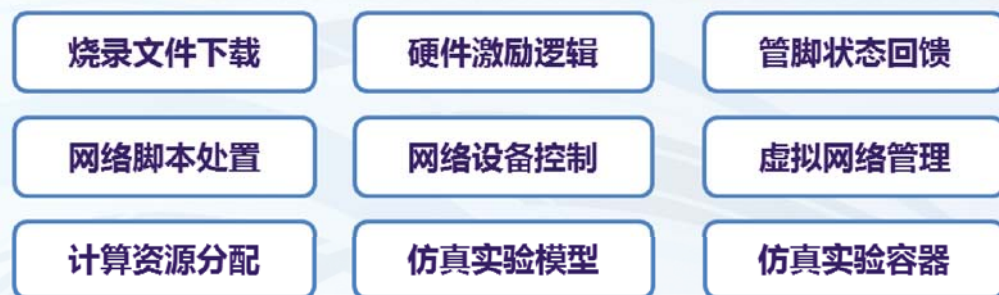
软件环境

# 计算机硬件在线实验平台架构

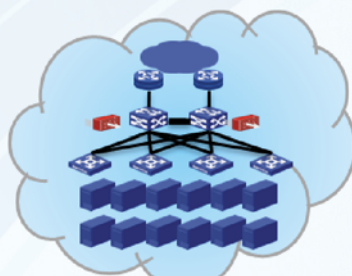
在线访问门户



逻辑实现层



资源支撑层



虚拟仿真实验云



硬件开发板

实验开发平台

专用硬件开发设备



专业级网络设备

仿真  
实验  
异构  
数据  
服务  
支持

角色  
管理  
调度  
策略  
安全  
机制

# 北航学堂MOOC平台建设进度



来自北航学堂的免费课程  
任何人, 任何地点, 任何时间

新 M\_E06B3110 编译技术

新 ddd1233 计算机公开课

M\_E06B1110 计算机导论与计算机伦理学

M\_G06B2830 数字系统设计工具集

M\_G06B3840 计算机网络实验

M\_E06B2150 计算机组成

M\_F06D4310 计算机EDA设计

M\_F06T2014 Software Testing

M\_E06B3150 操作系统

# 1、FPGA硬件在线实验子平台

**实现功能：**①硬件设备远程操控 ②软件代码远程调试 ③理论内容在线学习 ④实践操作远程辅导 ⑤实验结果自动评测。

数字逻辑  
实验

计算机  
组成实验

计算机  
EDA 设计

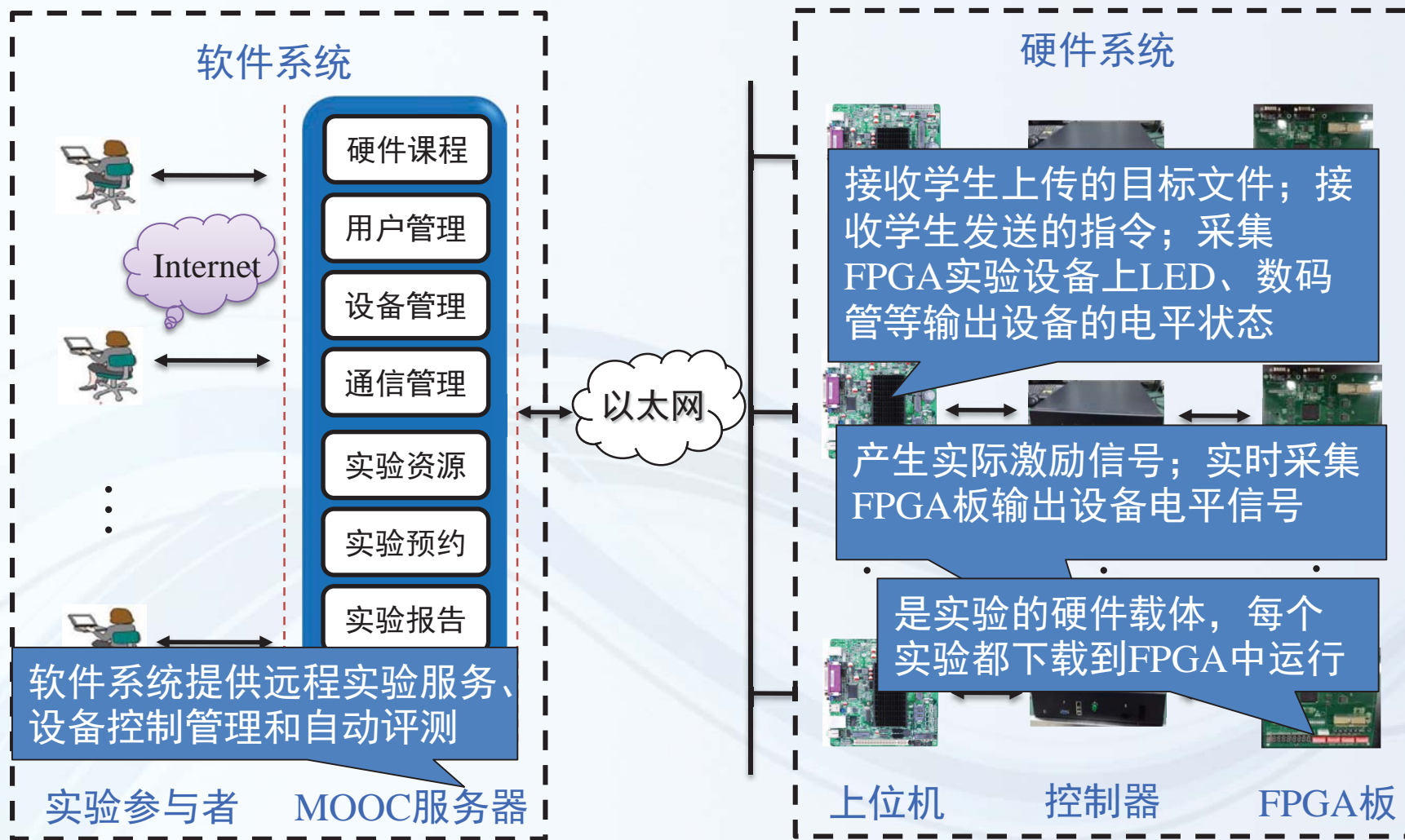
计算机接口  
与通信

FPGA多  
核并行计  
算

数字系  
统设计

**FPGA硬件在线实验平台**

# FPGA硬件在线实验子平台整体架构



# 《计算机组成实验》实验体系

表2 《计算机组成实验》实验内容

项目名称	内容描述	运行环境	学时
Project1：部件级实验	Verilog设计加法器、编码器以及选择器等	HDL模拟器	4
Project2：部件级实验	Verilog设计ALU、寄存器堆等	HDL模拟器	4
Project3：汇编程序	MARS开发汇编程序	MARS模拟器	4
Project4：单周期CPU	用Logisim完成单周期CPU设计7指令	Logisim模拟器	4
Project5：单周期CPU	用Verilog完成单周期CPU设计10指令	HDL模拟器	4
Project6：流水线CPU(1)	用Verilog完成流水线CPU设计10指令	HDL模拟器	8
Project7：流水线CPU(2)	用Verilog完成流水线CPU设计50指令：常规数学运算	HDL模拟器	4
Project8：MIPS微系统中断支持	用Verilog完成微型MIPS系统设计开发简单I/O，验证中断和异常。	HDL模拟器	4
Project9：MIPS微系统系统验证	集成串口控制器，开发一个简单应用程序，展示人机交互功能	FPGA	12

# 《FPGA多核并行计算》实验教学体系

- 《FPGA多核并行计算》主要讲授多核体系结构和FPGA设计方法
- 建议学时：32学时（理论课6学时 + 实验课26学时）

表4 《FPGA多核并行计算》实验教学内容

实验名称	学时	教学内容	类型
实验一：Hello World及串行TSP程序实验	2	1.掌握ISE 12.3以及开发板的配置 2.熟悉Beehive工具链的使用 3.在宿主机上配置DHCP server和TFTP server 4.运行简单的“Hello, World”程序 5.在单核上运行简单的程序求解TSP问题	基本型
实验二：消息和广播实验	4	1.正确使用libmc消息接口发送和接收消息 2.使用Verilog修改硬件Messenger模块，增加广播功能 3.熟悉Beehive上如何发送消息 4.软件实现消息的广播功能 5.硬件实现消息的广播功能	基本型



# 《FPGA多核并行计算》实验教学体系（续1）

表4 《FPGA多核并行计算》实验教学内容（续1）

实验名称	学时	教学内容	类型
实验三：使用消息传递的并行TSP程序	4	1.熟悉底层硬件模块发送消息的过程 2.掌握Beehive消息及广播消息的发送 3.对单核的TSP程序计时 4.实现基于消息传递的并行TSP程序	基本型
实验四：Barrier同步	4	1.理解Beehive I/O模块工作原理， 2.能够熟练运用Verilog进行模块设计 3.理解进程同步机制 4.基于广播的barrier 5.硬件实现的barrier 6.Barrier功能测试	基本型

# 《FPGA多核并行计算》实验教学体系（续2）

表4 《FPGA多核并行计算》实验教学内容（续2）

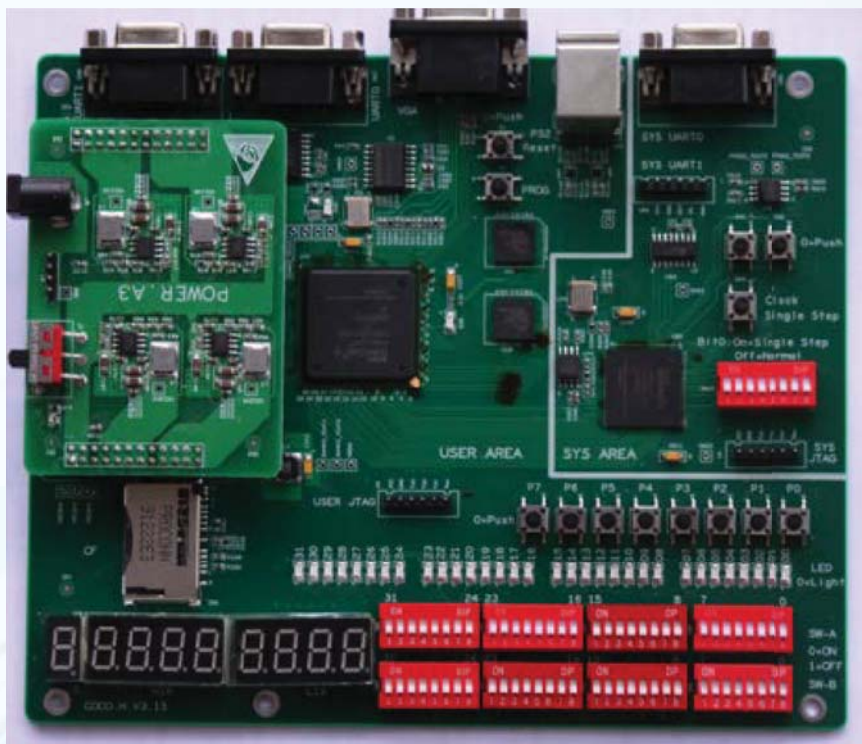
实验名称	学时	教学内容	类型
实验五：使用共享内存的并行TSP程序	4	1.共享内存的Barrier 2.基于共享内存的TSP程序	基本型
实验六：可重用锁	4	1.Beehive现有的锁（non-reclaimable） 2.可重用锁（reclaimable）	基本型
实验七：扩展实验	4	1.多环结构实验验证 2.参考多环结构实验进行自主扩展实验	创新型

# 《计算机EDA设计》实验教学体系

## 《计算机EDA设计》实验教学内容

课次	实验名称	实验类型	本章节之后
1	实验1 优先编码器	基本型	4.2 ISE的使用
	实验2 算术逻辑运算单元（二选一）	基本型	
2	实验3 电子秒表电路	基本型	4.3 ModelSim的使用
	实验4 卡式电话计费器（二选一）	综合型	
3	实验5 乘法器	基本型	5.1 典型组合逻辑电路的设计
4	实验6 计数器	综合型	5.2 典型时序逻辑电路的设计
5	实验7 交通灯控制器	综合型	5.3 有限状态机设计
	实验8 自动售货机（二选一）	自主设计型	
6	实验9 全自动洗衣机控制器	创新型	6.4 数字系统设计实例
7	实验10 电子日历和电子时钟	创新型	6.4 数字系统设计实例
	实验11 电梯控制器（二选一）	创新型	

# □□□ A在线实验设备和机柜



- 目前已有40台设备上线，24小时开放运行

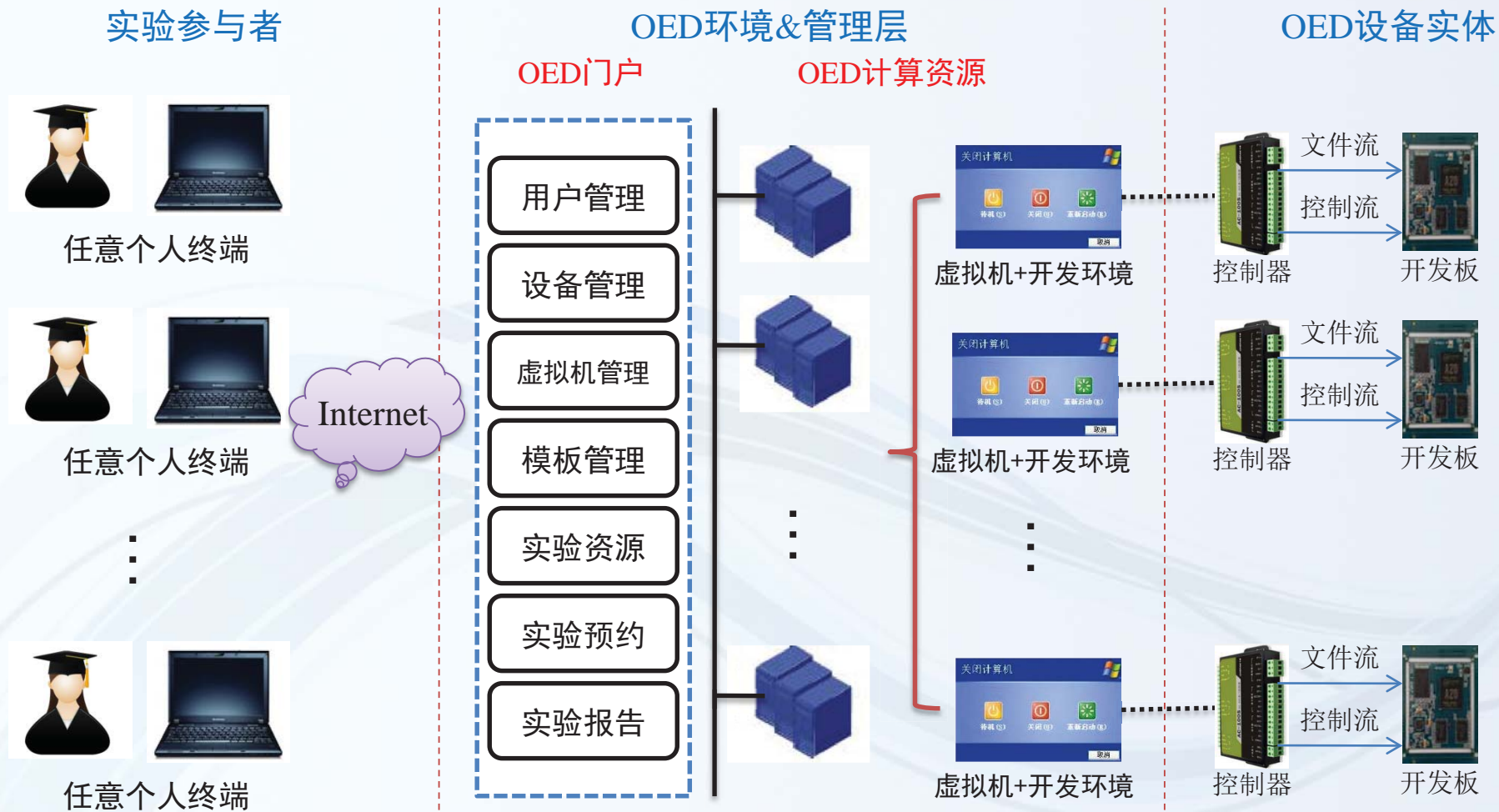
## 2、移动计算/嵌入式系统在线实验子平台

**功能：**实现智能设备的远端控制

①多种型号Android智能手机的在线控制 ②远程手机屏幕与PC模拟器的屏幕同传 ③设备远程在线操作、程序下载和调试。



# 移动计算/嵌入式系统在线实验子平台整体架构



在线嵌入式设备(OED)

北京航空航天大学

# 《移动计算导论》实验教学内容

表8 《移动计算导论》实验教学内容

实验名称	学时	实验内容	类型
实验一：电子闹钟程序	2	1.掌握Android开发环境配置 2.熟悉基本界面开发 3.熟悉用户操作及消息传递机制 4.实现电子闹钟程序 5.了解程序后台运行方式	基本型
实验二：传感器应用	2	1.能够监听基础传感器数据 2.实现计步器功能 3.熟悉Bluetooth和Wifi使用	基本型
实验三：程序通信	2	1.熟悉服务器技术体系 2.能够构建典型云端服务应用 3.掌握XML/JSON数据传递方法	基本型
实验四：多线程与数据库	2	1.掌握单机版数据SQLite的使用 2.实现程序多线程控制	基本型

# 移动计算在线实验子平台使用情况



北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY

移动计算远程服务平台  
计算机教学实验中心

欢迎！ sy1106521

[修改密码](#) [退出登录](#)

[课程简介](#) [教学计划](#) [考核方式](#) [资源下载](#) [在线实验](#)



- 姓名：张三
- 学号：SY1106521



- 当前实验：实验三
- 虚拟机 IP：192.168.36.199
- 虚拟机状态：运行中...
- 操作虚拟机：  
启动 停止

实验成绩

- 实验一：基础实验基础实验基础实验  
实验成绩：90
- 实验二：基础实验基础实验基础实验  
实验成绩：70

[查看更多>>>](#)

### 实验一：基础实验基础实验

实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容...

实验手册

实验报告

我的提交

[查看实验详情>>>](#)

### 实验二：基础实验基础实验

实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容， 实验描述内容...

实验手册

实验报告

我的提交

[查看实验详情>>>](#)





# 移动计算在线实验视频演示



北京航空航天大学

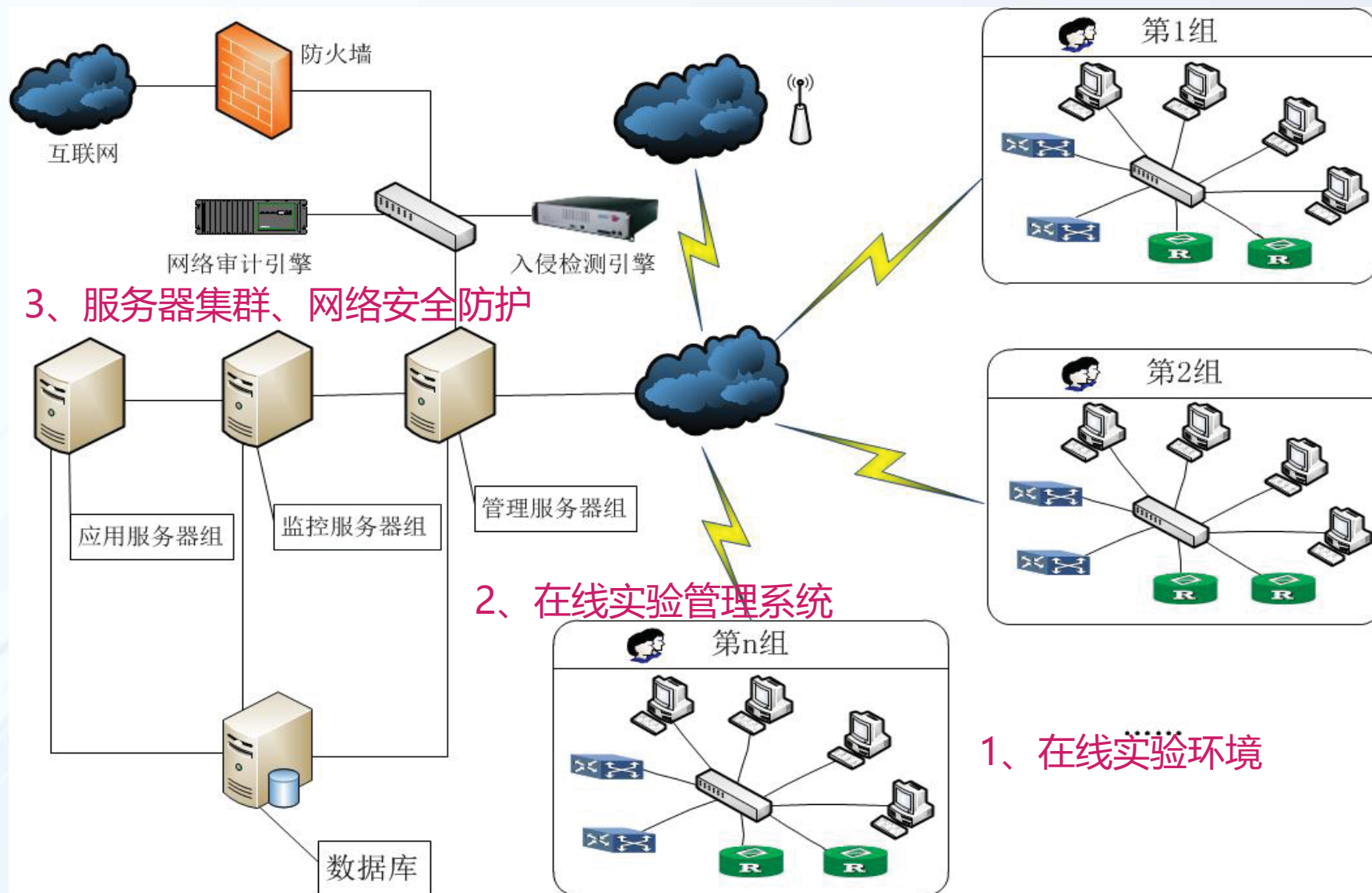
### 3、计算机网络在线实验子平台

**功能：**实现整个实验过程的网络化、在线化、智能化

- ① “云”网络实验室，将真实的路由器和交换机部署到网上
- ② 学生远程异地协同完成实验，教师远程在线同步指导；
- ③ 探索多院校合作共建在线实验类课程新模式。  
(北京工业大学已经有8组设备加入本平台)



# 计算机网络在线实验子平台整体架构



# 计算机网络在线实验流程

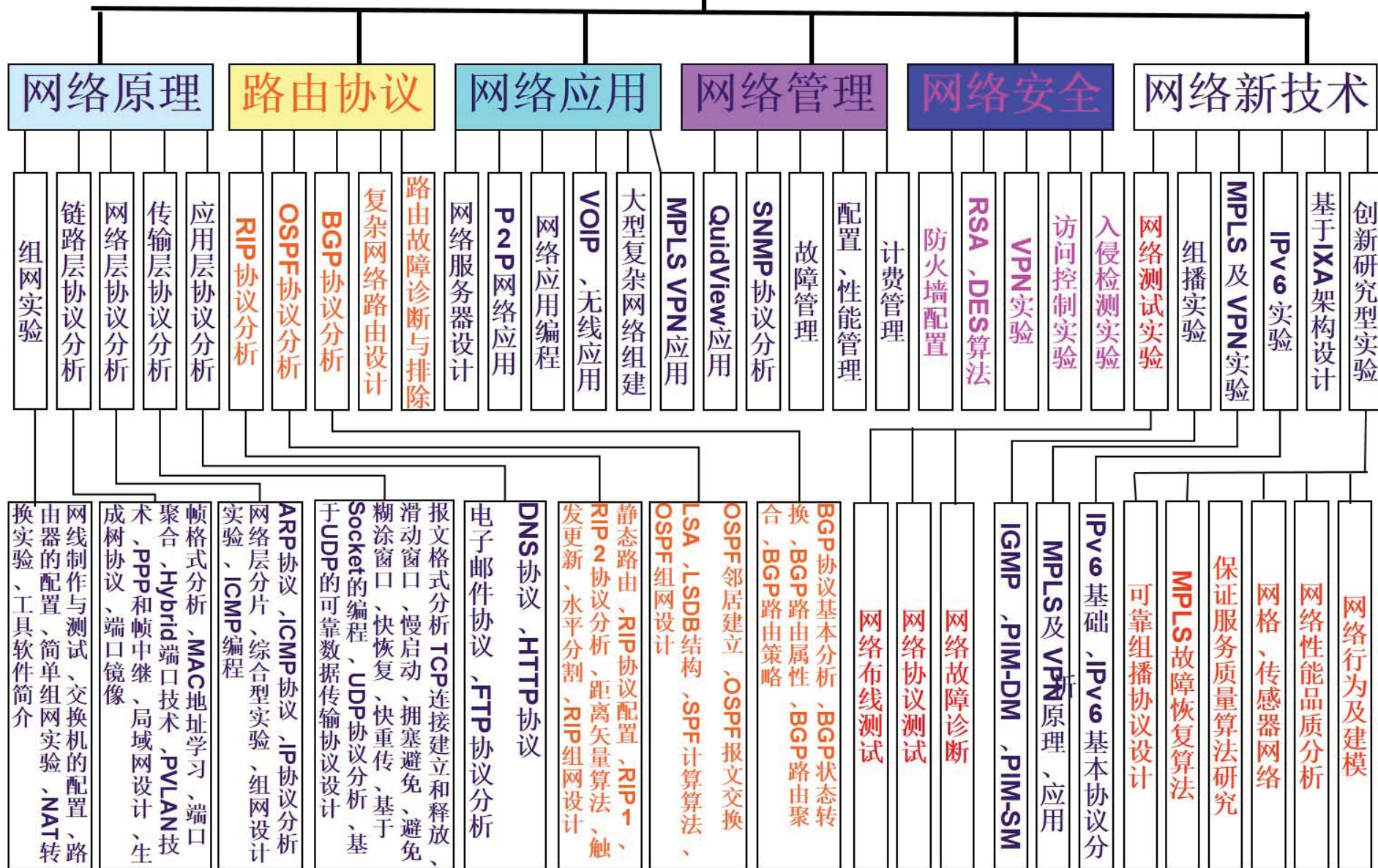
**学生使用流程**：①在线提交申请、预约设备 ②获取硬件资源和软件资源 ③在线完成实验、教师在线同步指导和考查 ④获取实验结果和数据分析



# 计算机网络在线实验层次结构



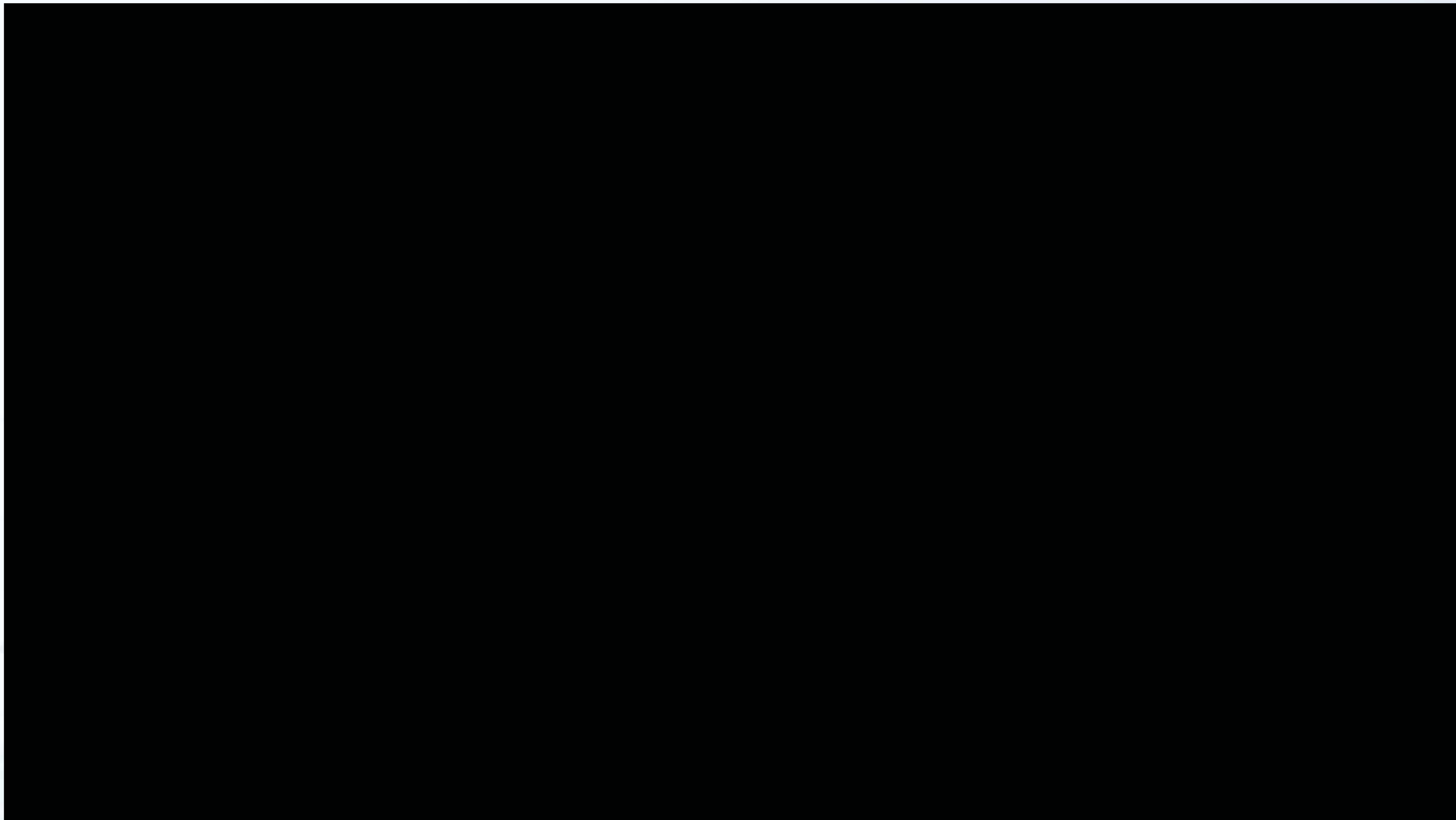
# 计算机网络在线实验体系



# 计算机网络在线实验硬件平台

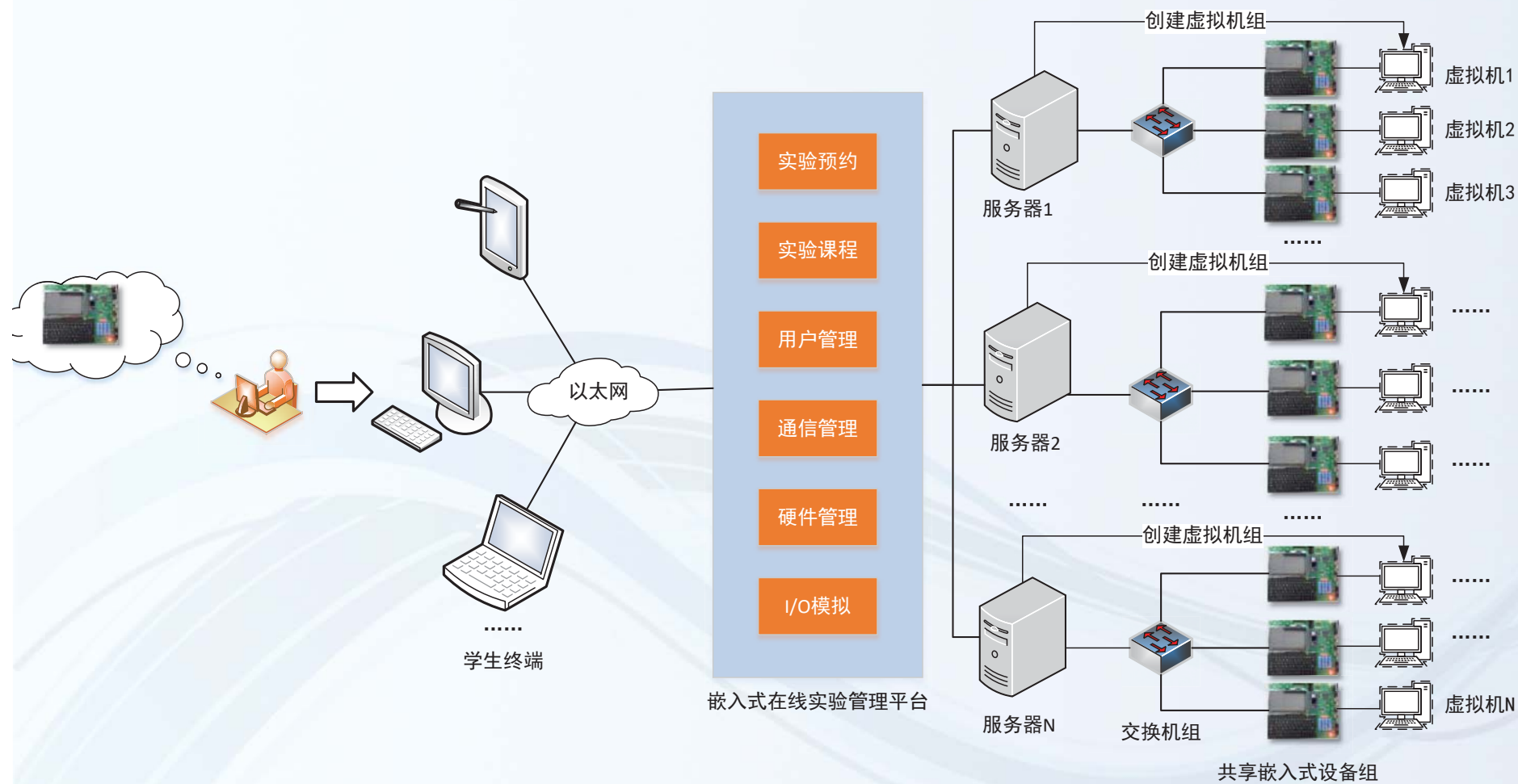


# 计算机网络在线实验子平台演示

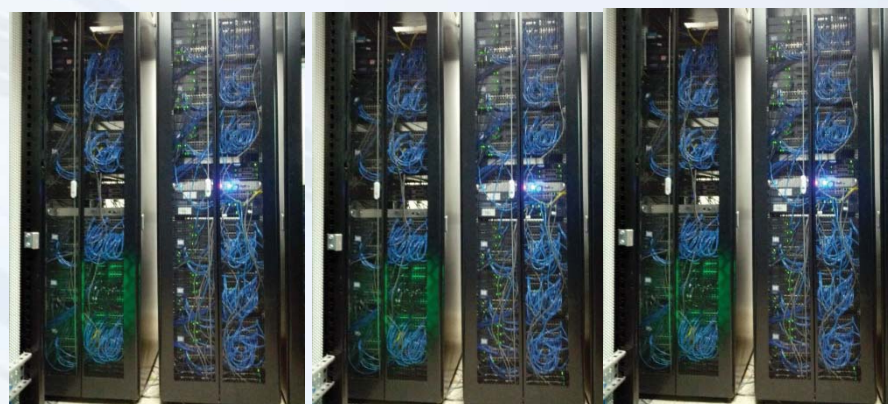
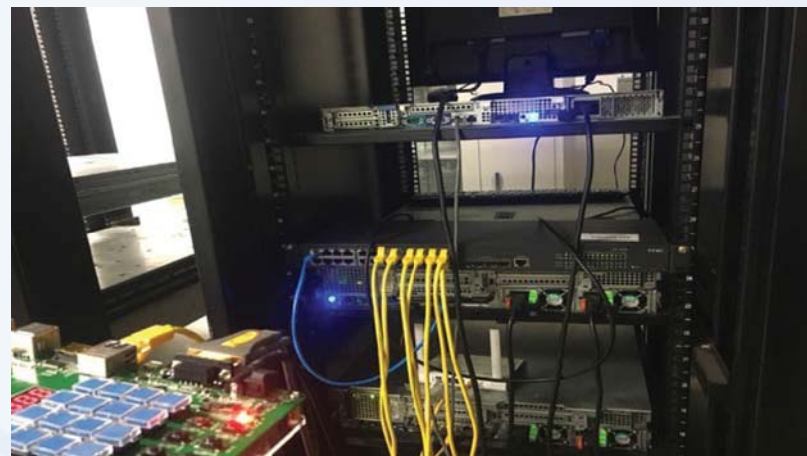




# 嵌入式在线实验平台-----整体架构



## 嵌入式在线实验-----设备和机柜



36

# 《嵌入式系统》实验体系

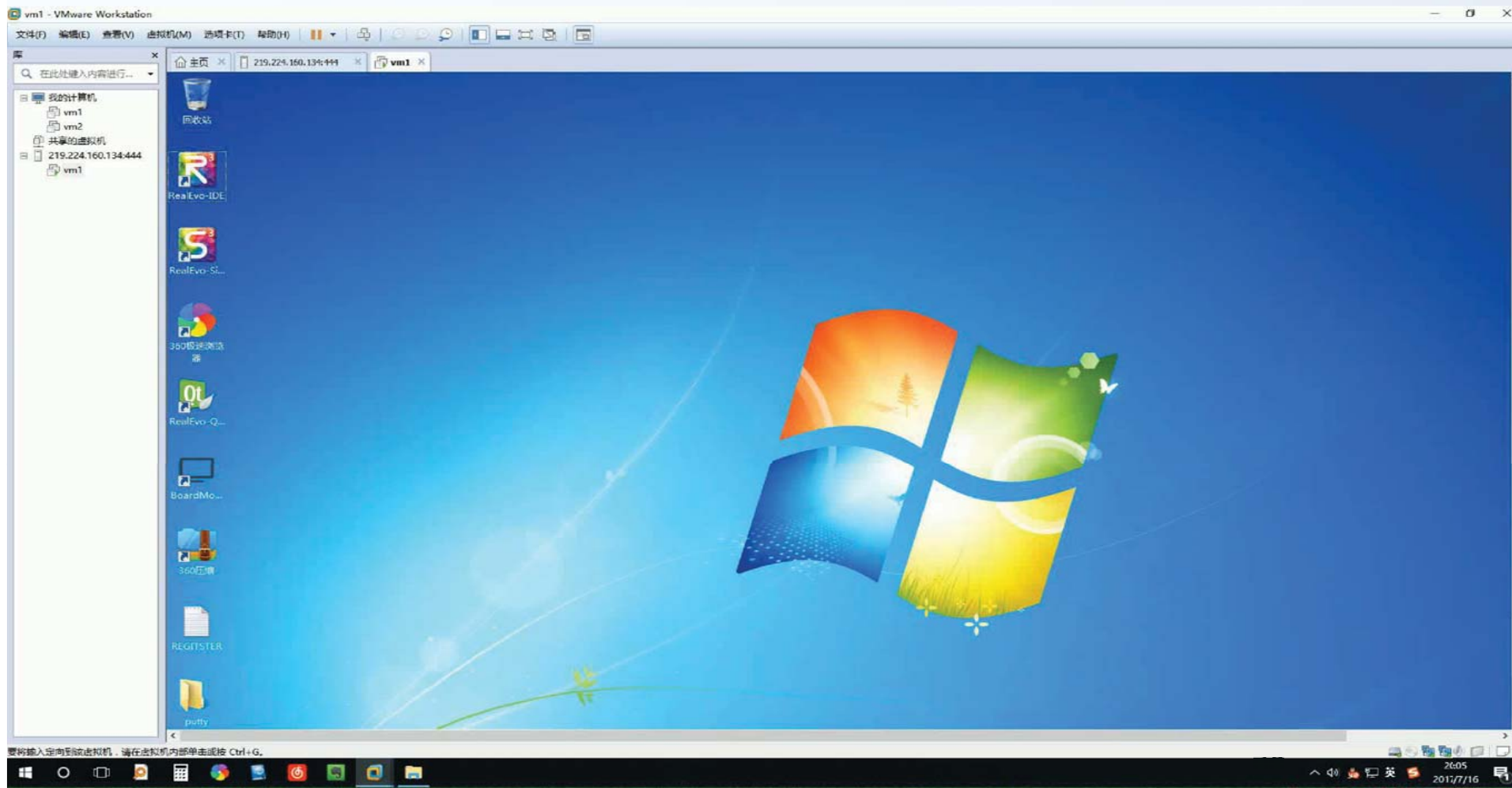
◆ 建议学时：20学时（实验部分）+12学时（理论教学部分）

序号	实验名称	学时	实验内容	类型
1	ARM汇编基础实验	2	主要讲解汇编与C语言混合编程的方法。	基本型
2	文件操作实验	2	本实验主要介绍在嵌入式操作系统下对普通文件（磁盘文件）操作方法和文件操作相关函数的使用。	基本型
3	时间操作实验	2	主要介绍时间相关概念、时间读取和时间设置。分别演示使用shell命令进行时间操作和使用函数在程序中进行时间操作。	基本型
4	多线程实验	2	主要讲解线程的概念和线程间的同步方式。主要介绍线程的概念和线程的创建以及信号量、互斥锁、条件变量的作用和使用。	基本型 设计型
5	多进程实验	2	主要讲解进程相关概念、进程的创建、退出和进程间的通信。主要讲述进程的创建以及进程间通信常用的2种方式。	基本型 设计型

# 《嵌入式系统》实验体系

序号	实验名称	学时	实验内容	类型
6	网络通信实验	2	主要讲解TCP/IP协议的应用，分别讲述了UDP、TCP客户端、TCP服务器等网络编程和使用。	基本型 设计型
7	GPIO驱动实验	2	通过对GPIO驱动介绍和GPIO的实际操作，介绍在嵌入式操作系统下对硬件设备操作特点和思想。	基本型 设计型
8	嵌入式数据库实验	2	介绍嵌入式数据库SQLite3并完成SQLite3在嵌入式操作系统下的移植，并以移植后的SQLite3为基础完成嵌入式数据库应用。	设计型
9	Qt图形界面编程实验	2	介绍一款嵌入式领域广泛使用的大型图形系统Qt，主要讲解了Qt在Windows下的开发环境的安装、嵌入式系统上支持Qt图形界面编程的方法。	综合型
10	复杂驱动实验	2	设计并实现网卡设备驱动或Yaffs文件系统。	综合型

# 远程虚拟机开发板连接、交叉编译代码上传演示



# LED实验DEMO

The screenshot displays a VMware Workstation window titled 'vm1 - VMware Workstation'. Inside the virtual machine, the RealEvo-IDE is open, showing a C++ project named 'gpio\_out'. The main file, 'gpio\_out.c', contains the following code:

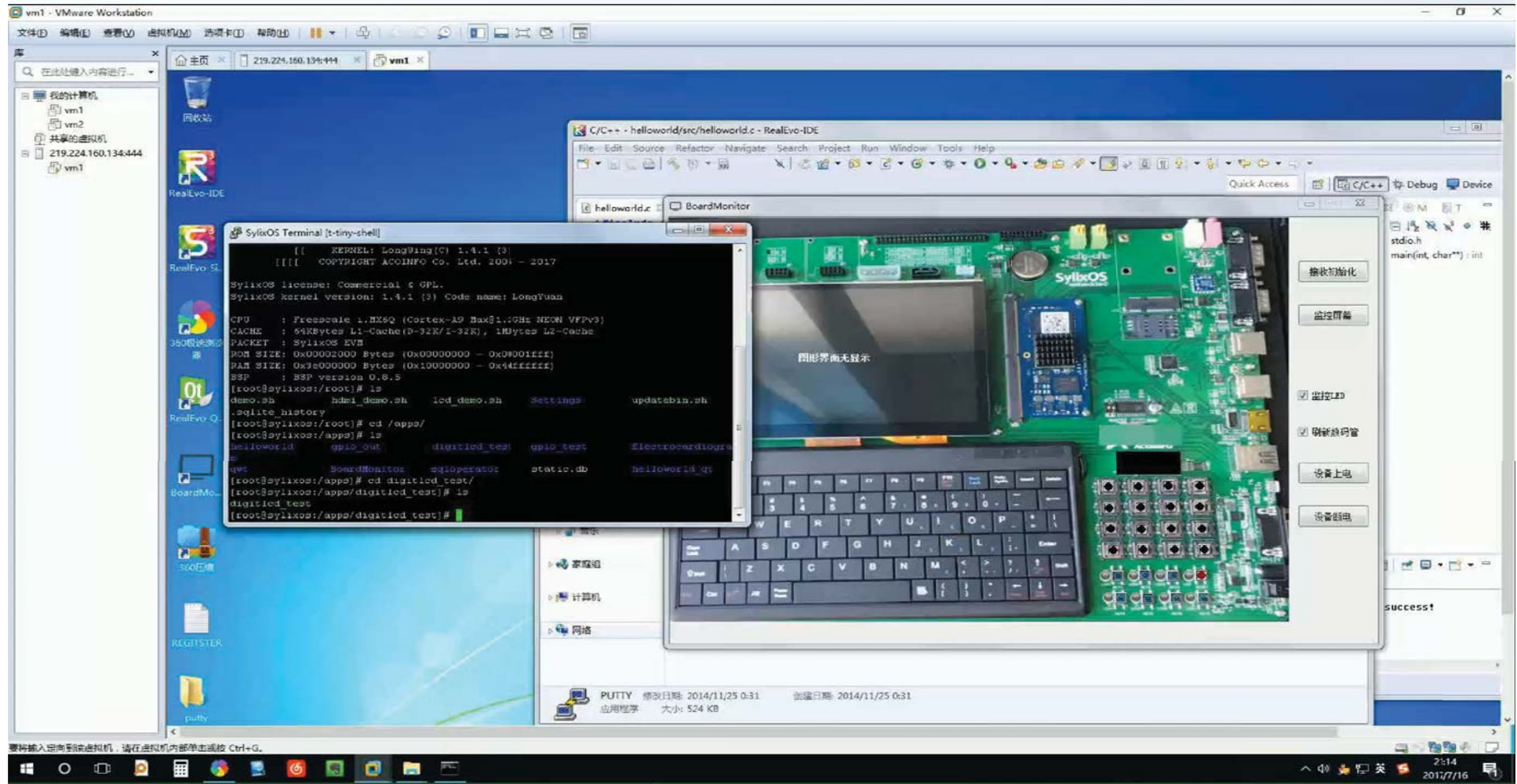
```
38  
39 int main (int argc, char *argv[])  
40 {  
41     int i;  
42     int fd;  
43  
44     /*  
45      * 打开 GPIO 文件  
46      */  
47     fd = gpiofd(LED_NUM, O_WRONLY, GPIO_FLAG_OUT_INIT_LOV);  
48     if (fd < 0) {  
49         printf("Failed to open gpio %d\n", LED_NUM);  
50         return (-1);  
51     }  
52  
53     for (i = 0; i < 60; i++) {  
54         /*  
55          * 对 LED 进行闪烁, 每次高低电平操作前, 使用 usleep 进行延时 1s。  
56          */  
57         gpiofd_write(fd, 0);  
58         usleep(1000 * 1000);  
59  
60         gpiofd_write(fd, 1);  
61         usleep(1000 * 1000);  
62     }  
63  
64     /*  
65      * 关闭设备  
66      */  
67 }
```

The terminal window at the bottom shows the command execution:

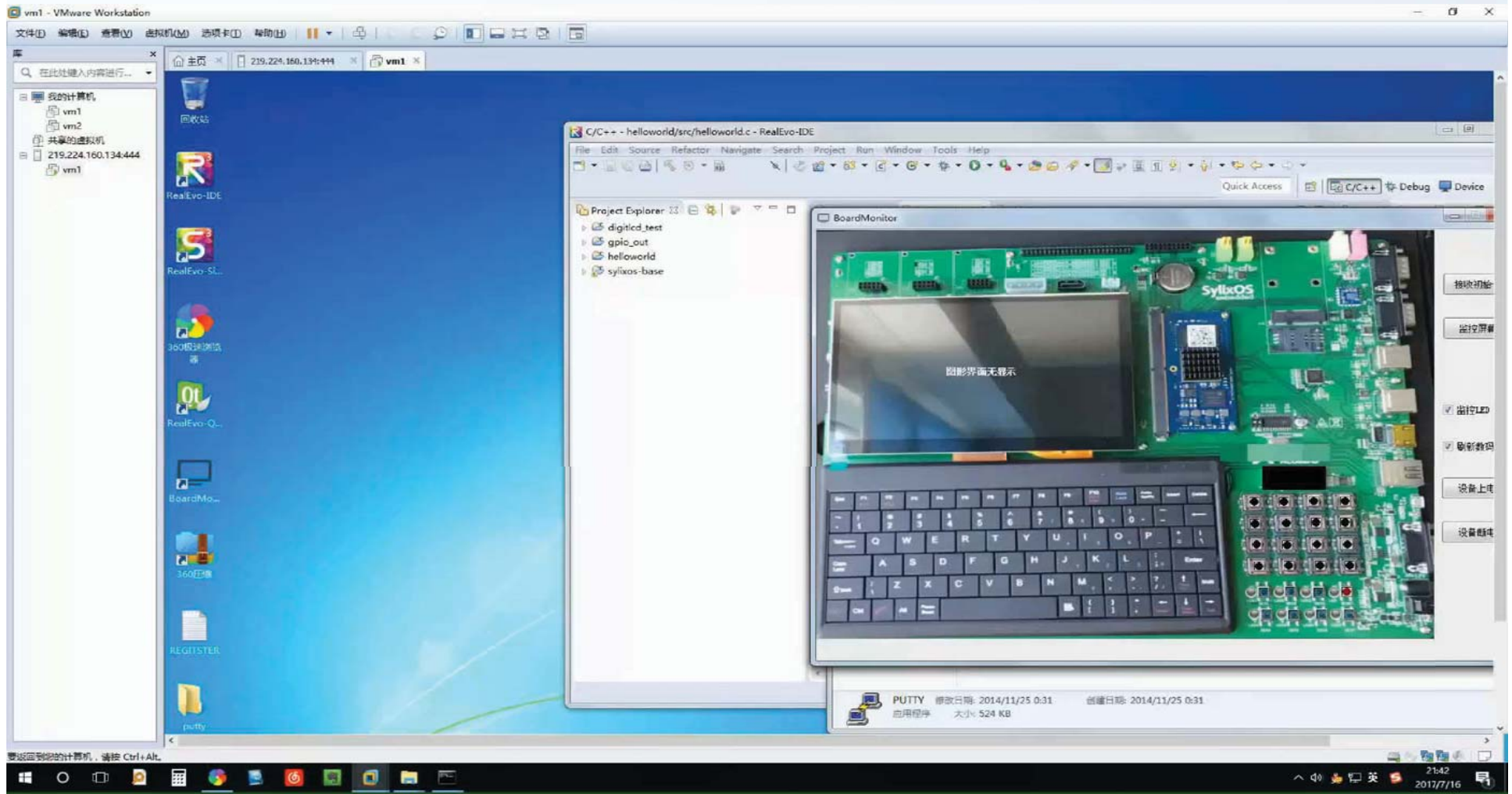
```
8: gpio_out/Debug/strip/gpio_out -> /apps/gpio_out/gpio_out success!
```

An inset image shows a physical LED strip with a keyboard, indicating the hardware setup for the experiment.

# 数码管实验DEMO



# Qt触摸屏实验DEMO



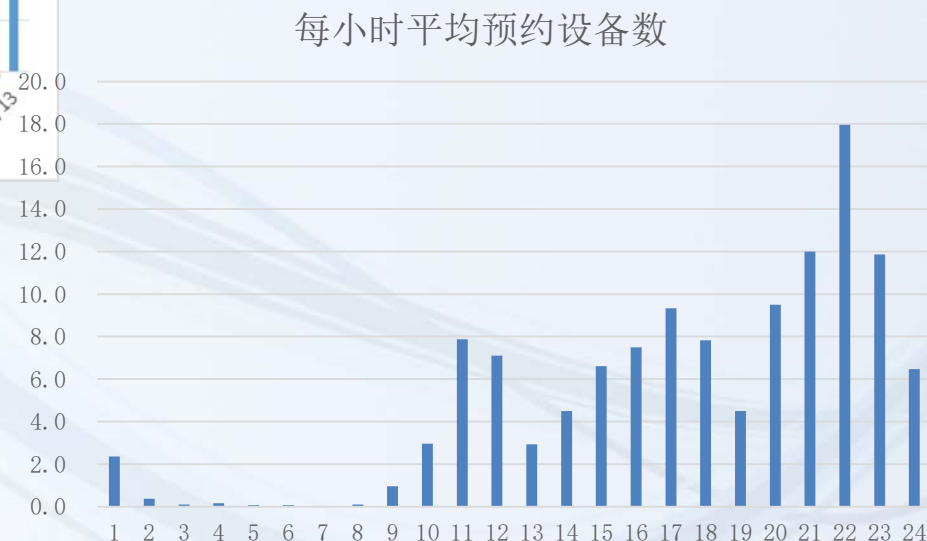


# 在线实验平台使用情况统计



学生积极性高

预约实验踊跃



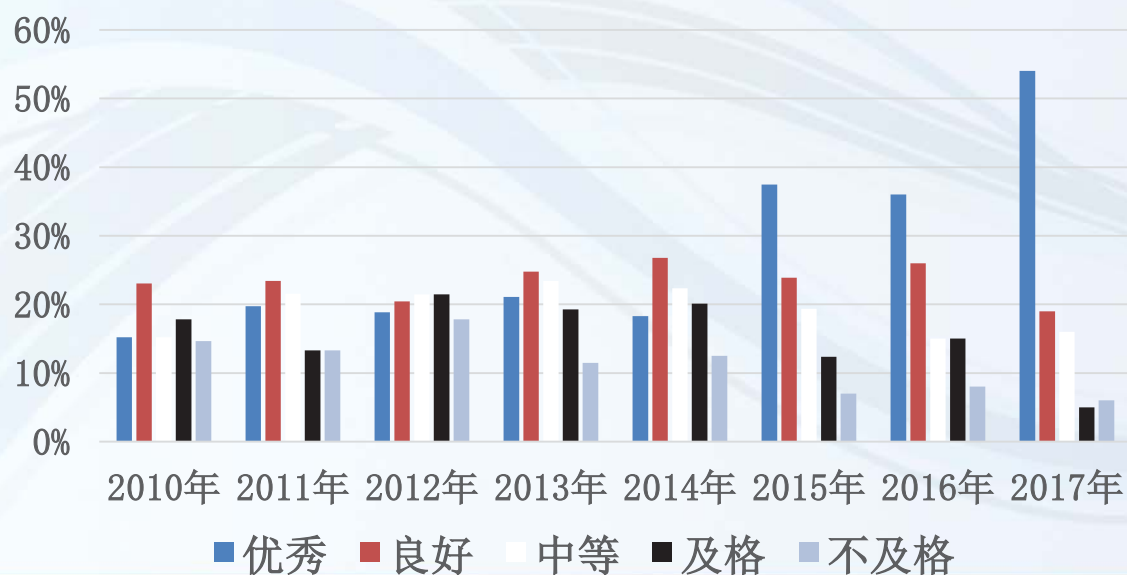
- 预约时间主要集中在每天11点-24点，16点-24点预约最集中。

优秀率  
大幅提高

# 本科生教学效果对比

等级	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
优秀	15%	20%	19%	21%	18%	37%	36%	54%
良好	23%	23%	20%	25%	27%	24%	26%	19%
中等	15%	22%	21%	23%	22%	19%	15%	16%
及格	18%	13%	21%	19%	20%	12%	15%	5%
不及格	15%	13%	18%	11%	13%	7%	8%	6%

本科生成绩统计



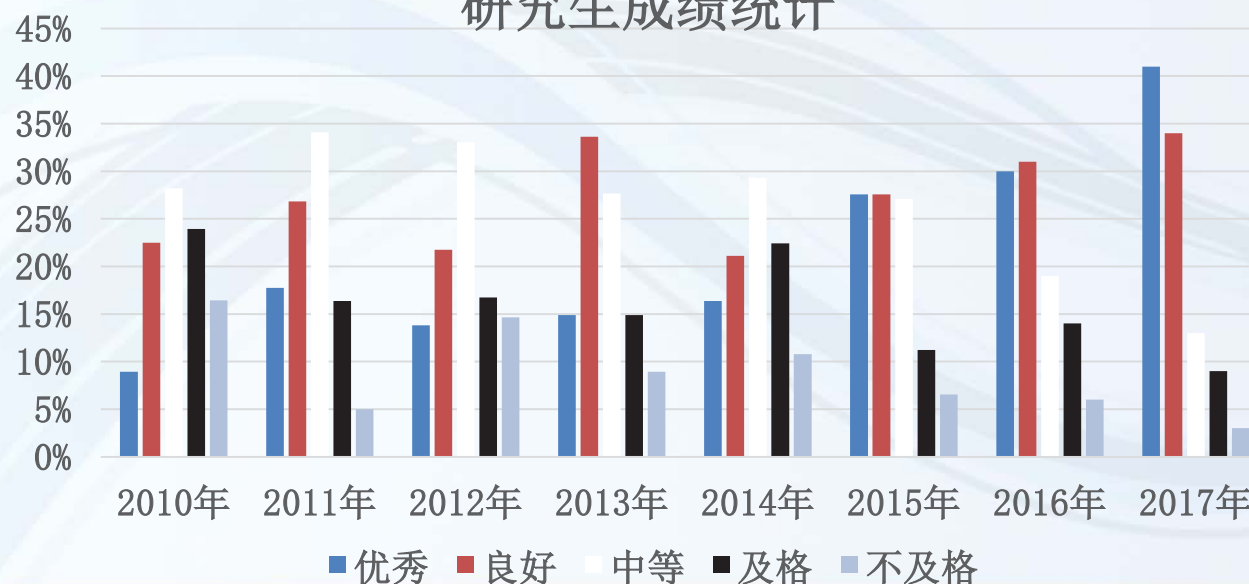
不及格率  
明显下降

优秀率  
大幅提高

# 研究生教学效果对比

等级	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
优秀	9%	18%	14%	15%	16%	28%	30%	41%
良好	23%	27%	22%	34%	21%	28%	31%	34%
中等	28%	34%	33%	28%	29%	27%	19%	13%
及格	24%	16%	17%	15%	22%	11%	14%	9%
不及格	16%	5%	15%	9%	11%	7%	6%	3%

研究生成绩统计



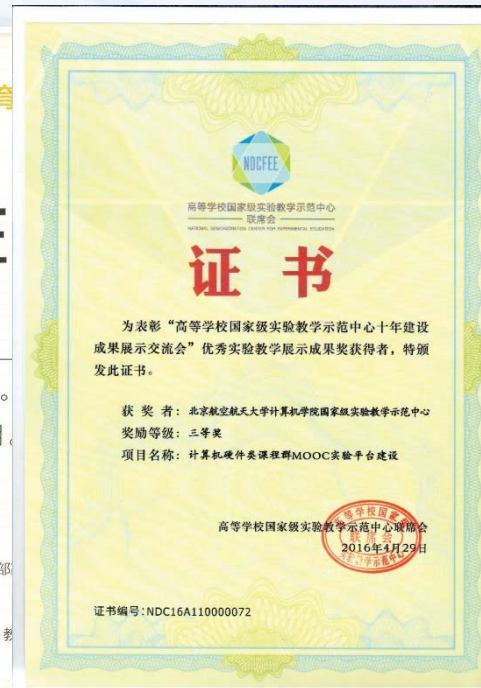
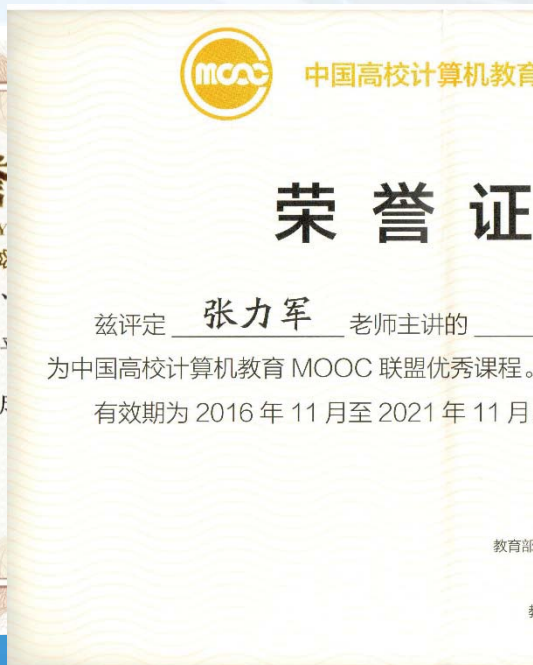
不及格率  
明显下降

# 在线MOOC实验平台的教学实践

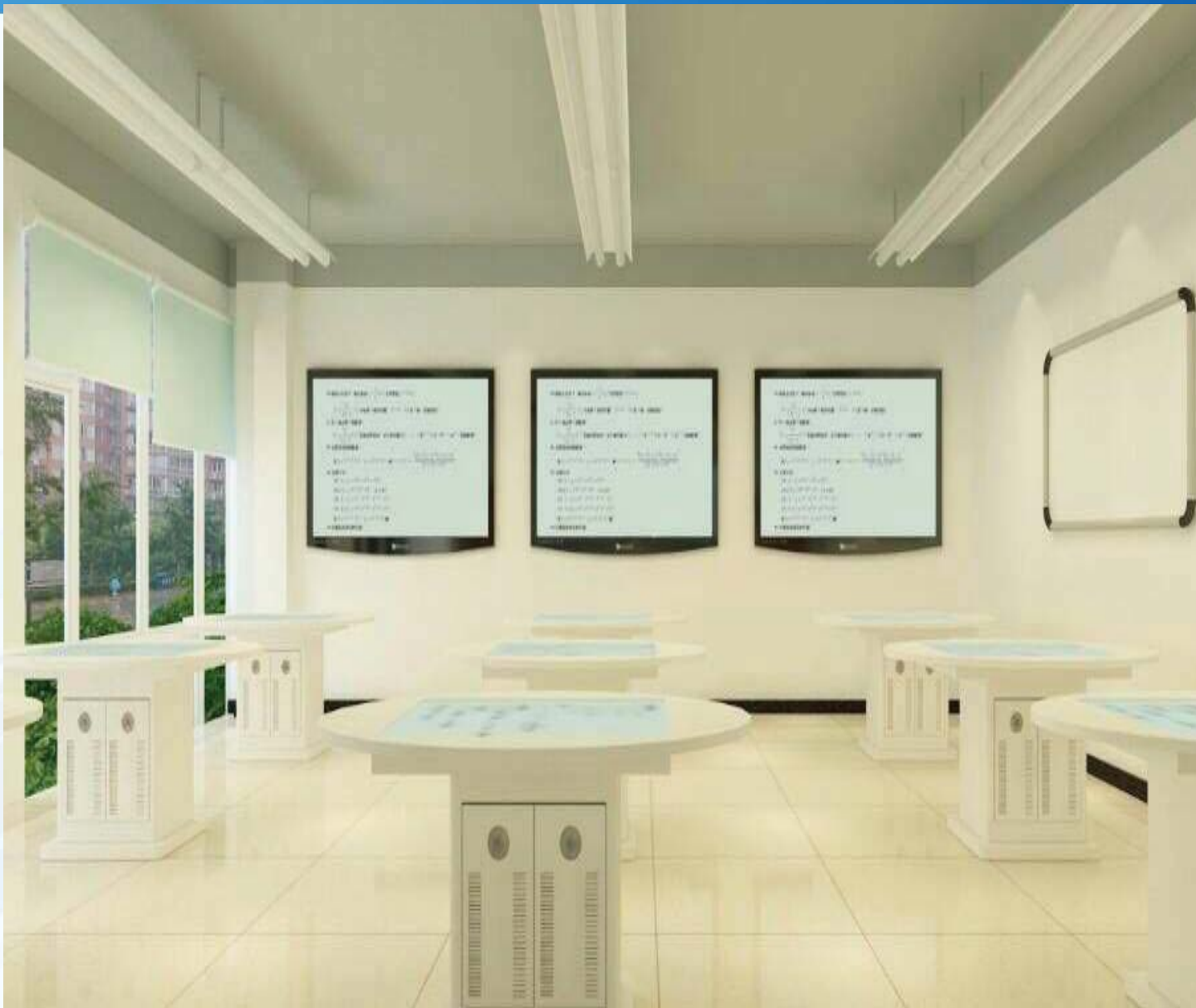
- 于2014年-2017年在计算机网络、计算机组成原理、嵌入式系统等课程实验教学中逐步试点了新实验体系实验内容，取得了良好的教学和实验效果。
- 每年面向500多名本科生（大二、大三）和240多名研究生（研一）；
- 探索了国内高校联合共建共享在线实验环境和实验课程新模式（北京工业大学、北京科技大学、首都师范大学等）
- 高等学校国家级实验教学示范中心十年建设成果奖
- 在线实验教学师资培训班，培训国内9所大学36名教师；
- 在全国性教学会议做大会报告11次；
- 发表教学论文10篇（英文8篇）；
- 出版教材3部，签约出版教材2部。

# 获得奖项

- 1、北京航空航天大学教学成果一等奖  
获奖项目：虚实融合的在线实验教学平台的研究与实践
- 2、首届全国高等学校计算机教育MOOC联盟优秀课程  
获奖项目：计算机网络实验课程
- 3、高等学校国家级实验教学示范中心十年建设成果奖  
获奖项目：计算机硬件类课程群MOOC实验平台建设
- 4、计算机专业国家级实验教学示范中心优秀案例奖一等奖  
获奖项目：计算机网络在线实验教学



# 智能实验教室



北京航空航天大学

# 嵌入式实训实验教室



北京航空航天大学