翼辉信息 ACOINFO

单片机与嵌入式系统应用 Microcontrollers & Embedded Systems

SylixOS教学实践公开课
第4讲

主题：系统软件能力培养实践
——以国产SylixOS为例

主讲人：沃天宇
北京航空航天大学 软件学院 副教授

内容提要

- 系统软件人才培养目标
- 北航系统软件人才培养体系
- 基于国产SylixOS的嵌入式软件系统课程在线试验平台及教学案例

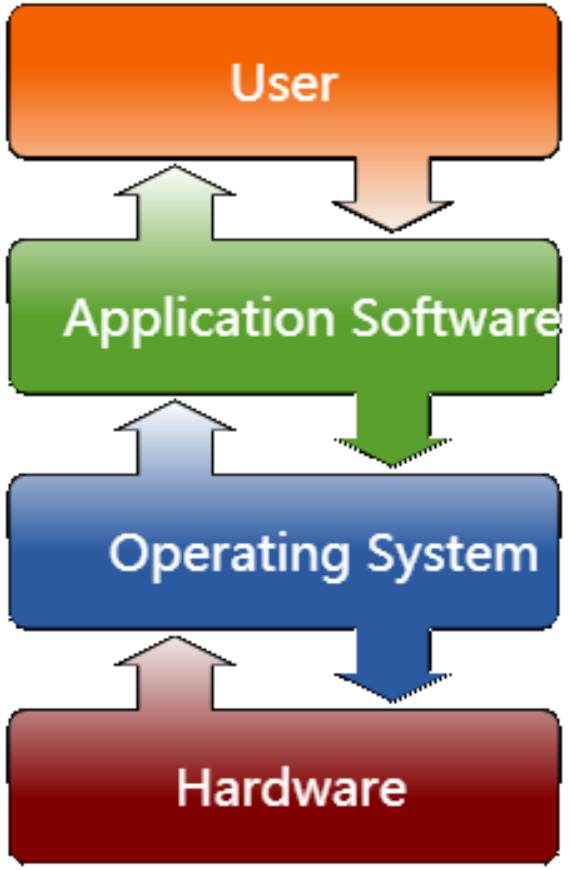
基础软件

软件

- 计算机数据与指令的集合，指导硬件运行的脚本、策略
- 体现客观现实世界的需求（复杂、多变）
  -→层次化软件开发

什么是基础软件？

- **操作系统**、**数据库**、**办公软件**和**中间件**的统称
- **基础性**体现在：构建其他软件、应用系统的基础
- 软件重用的基石，软件开发的“不动点”
  （复杂，少变）



基础软件

- 基础软件长期被国外企业垄断
  - 微软、Oracle、IBM、Google、苹果
  - **基础软件开源生态也基本被国外企业控制**
    - **美国公司在Linux内核中的贡献远超20%**
    - RedHat、SUSE、Canonical等主流Linux发行商有超过200人的全职团队参与开发
- 生态发展主动权
  - Google Android、苹果AppStore
  - 越不发展→越难以发展
- 跟随式发展的代价
  - 上游芯片、硬件的发展，下游应用开发与发布生态的参与
  - 威胁国家安全

By changesets

	Intel	1328	9.6%
	Red Hat	1170	8.4%
	(None)	962	6.9%
	(Unknown)	764	5.5%
英国	Linaro	647	4.7%
	AMD	645	4.7%
	IBM	627	4.5%
中国	Huawei Technologies	494	3.6%
	Google	484	3.5%
日本	Renesas Electronics	449	3.2%
	(Consultant)	370	2.7%
	Mellanox	360	2.6%
德国	SUSE	328	2.4%
	Oracle	256	1.8%
英国	ARM	254	1.8%
法国	Bootlin	216	1.6%
	Code Aurora Forum	204	1.5%
荷兰	NXP Semiconductors	180	1.3%
	Cisco	174	1.3%
英国	Canonical	152	1.1%

美国企业

安全隐患

技术风险：

- **最底层的操作系统存在安全隐患，如国外产品预留后门及漏洞，防护措施无异于建立在沙滩上的堡垒。**
- **目前市面上的操作系统的系统管理员权限过大（超级管理员），无论是对内部管理和外部攻破均有隐患。**
- **现有操作系统访问权限控制较粗，无法形成结构化保护。**

断供风险：

- **美国商务部规定B2级以上的操作系统严禁对中国出口。**
- **2020年8月13日，软件容器平台Docker禁止“实体清单”上组织和个人使用。**
- **目前正在使用的国外基础软件，随时面临断供！**

美国中央情报局斯诺登披露“棱镜”计划

美国“八大金刚”：思科、IBM、谷歌、高通、英特尔、苹果、甲骨文、微软

关后门！

堵漏洞！

防断供！

领导关切

没有网络安全就没有国家安全
没有信息化就没有现代化

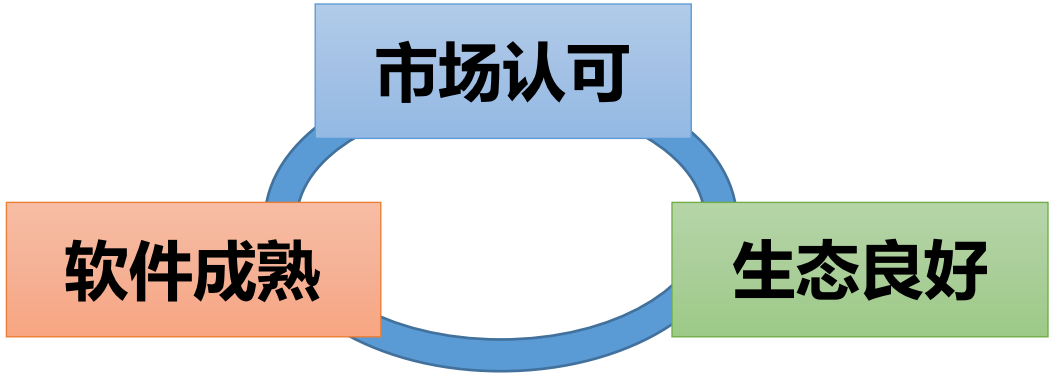
- 要保证网络安全运行，关键信息基础设施是重中之重，这是网络安全的物质基础和前提。互联网核心技术是我们最大的“命门”，核心技术受制于人是我们最大的隐患。一个互联网企业即便规模再大、市值再高，如果核心元器件严重依赖外国，供应链的“命门”掌握在别人手里，那就**好比在别人的墙基上砌房子**，再大再漂亮也可能经不起风雨，甚至会不堪一击。

建在沙滩上的堡垒

问题与分析

国产基础软件

- 操作系统：桌面、服务器：麒麟、统信；嵌入式：SylixOS、鸿蒙
- 数据库：金仓、达梦、阿里云、浪潮
- 办公软件：金山
- 中间件：东方通
- 已经基本形成了完整的国产化方案，在关键领域逐渐实现替换
- **主要在受控关键系统应用，关键技术指标、易用性、生态成熟度等仍有差距，仍然缺乏大规模的市场实践和认可度**



软件成熟度是“用”出来的！

Linux发展的启示

- Linux是最成功的开源基础软件之一
- Linux基金会：Linux在**服务器市场**上占绝对优势
  - **86%**的企业已经使用Linux操作系统进行云计算、大数据平台的构建，
  - Linux已开始取代Unix成为最受青睐的云计算、大数据平台操作系统。
  - 在全球超级计算机TOP500操作系统排行榜中，Linux的占比最近十几年长期保持在**85%**以上，且一直呈现快速上升趋势。
- Linux在桌面上占有率仍然较低
  - 占1.66%，与Window XP相当

Platform Version	Share
Windows 10	48.86%
Windows 7	31.83%
Mac OS X 10.14	5.38%
Windows 8.1	5.29%
Mac OS X 10.13	1.70%
Windows XP	1.68%
Linux	1.66%

NetMarketShare 2019.7

Linux发展的启示

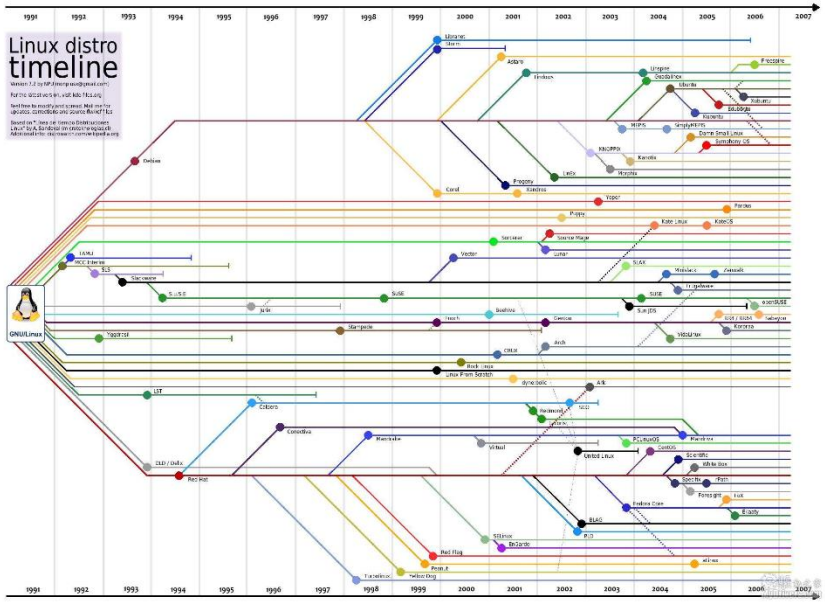
- **1991 年，芬兰赫尔辛基大学的研究生 Linus Torvalds 基于 gcc、bash 开发了针对 386 机器的 Linux 内核。**
- 1994 年，Torvalds 发布 Linux-v1.0。
- 2020年8月，发布最新版内核5.9，**代码超过2000万行**
- **每2个月左右发布一个新版本，**每次迭代都有13000多处修改，引入新功能，修复bug
- 2000多人参与开发，任何人都可以提交代码（理论上）
- **Maintainer决定接受哪些代码，大部分maintainer都是外国人**
  - Linus Torvalds（Linux基金会）
  - Ingo Molnár（ Red Hat ）
  - Greg Kroah-Hartman（SUSE）
  - Alan Cox（Intel）
  - …
- Linux基金会认为
  - **开源技术不受制于《美国出口管制条例》EAR 限制，可自由使用**
  - 因为（目前）EAR明确豁免了大多数以开源形式呈现的软件和技术

http://www.remword.com/kps_result/all_whole_line_country.html

Linux发展的启示

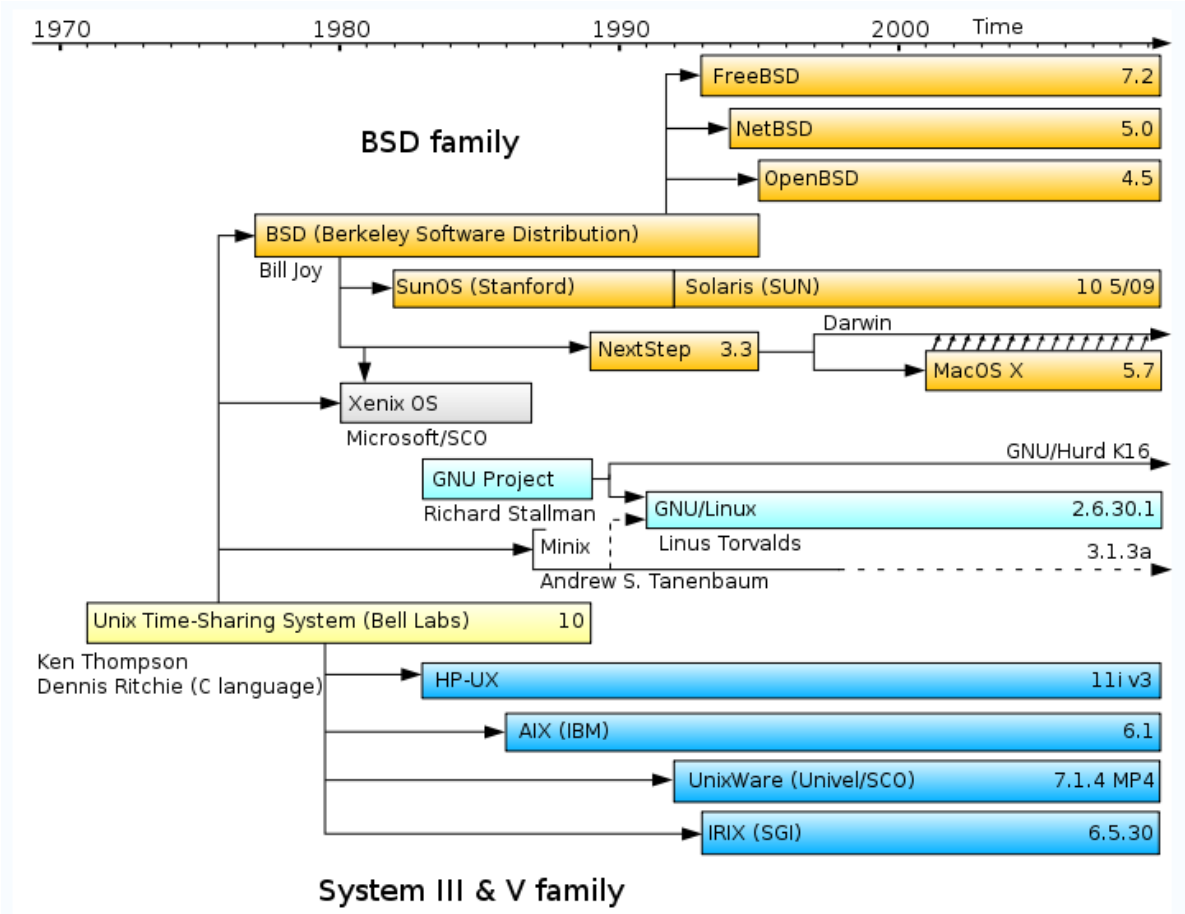
- Linux发行版众多（众多子生态）
  - 基于Linux内核构建**应用软件生态**
  - 超过600种，其中500多种活跃开发中

- 主流系列
  - RedHat/CentOS/Fedora/麒麟
  - Slackware/SUSE/OpenSUSE
  - Debian/Ubuntu/优麒麟 (ubuntu kylin)、统信



Linux发展的启示

- 基础软件发展是个长期过程，积累、反馈
- 历史因素
  - 国内IT业起步晚，参与生态晚
  - 软件生态的马太效应
  - 开源生态是一种文化
- 现实变化
  - Linux越来越庞大
  - 越来越多的大企业开始投入
  - IT设备种类越来越多
  - 网络化影响越来越明显

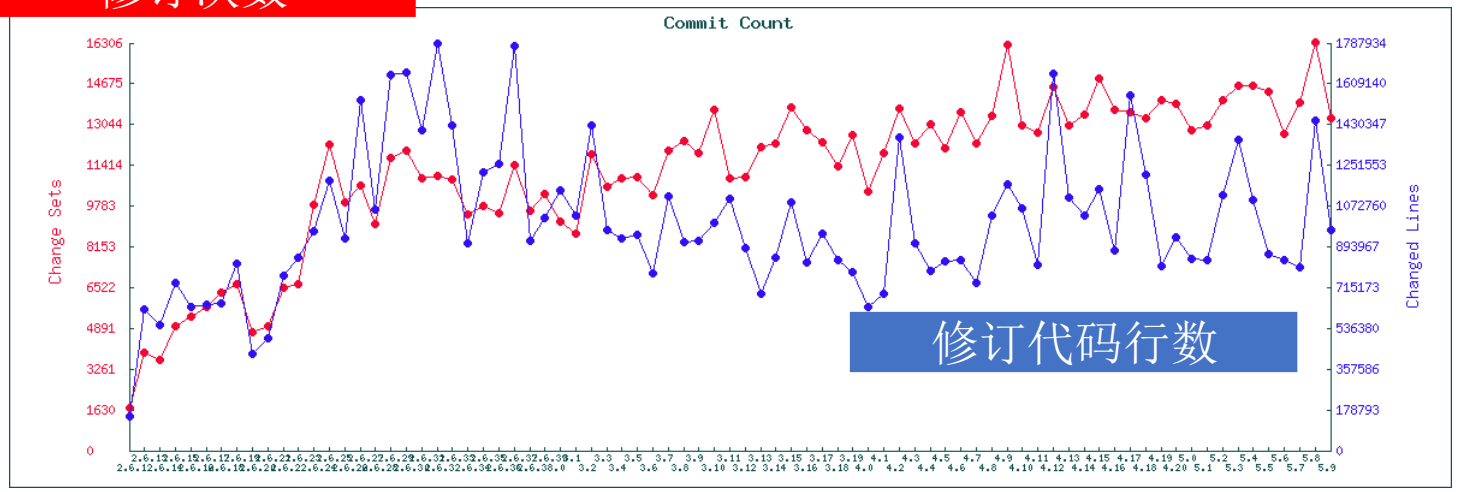


Linux发展的启示

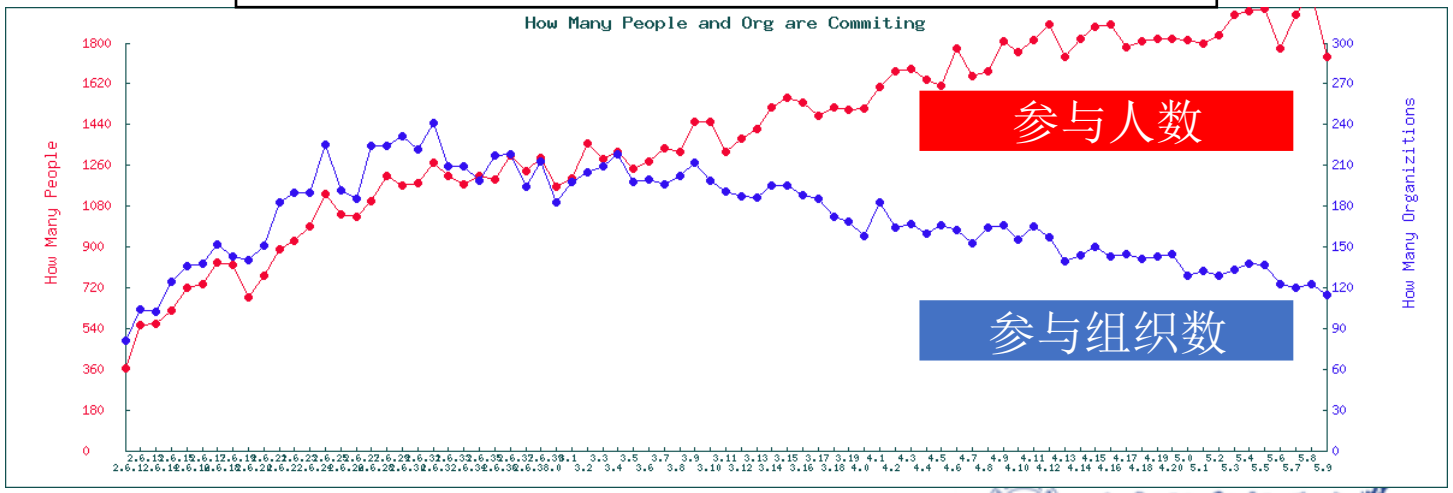
- Linux越来越大
- 每个版本都有数十万行修订
- 参与人数增长
  但参与组织减少
- **只有大企业玩的起?**

每个Linux内核版本修订次数与修订代码行数

修订次数



每个Linux内核版本参与开发人数与组织数量



Linux发展的启示（小结）

- Linux是最成功的开源基础软件之一，在服务器操作系统占有绝对市场份额
- Linux的成功是开源软件开发模式的代表
- Linux是目前不受美国制约的，但主要贡献者是外国人、外国企业
- Linux越来越庞大，越来越受到（美国）大企业的影响和控制
- 国产操作系统发展难以绕开Linux，但应该加强贡献度和影响力，也应该加强自身开源生态的建设
  - 基于Linux的国产操作系统发行版（麒麟、统信、...）
  - 完全自主的嵌入式OS内核实现和生态（SylixOS）
  - 国产硬件平台（ARM、MIPS、RISC-V、Alpha、…）

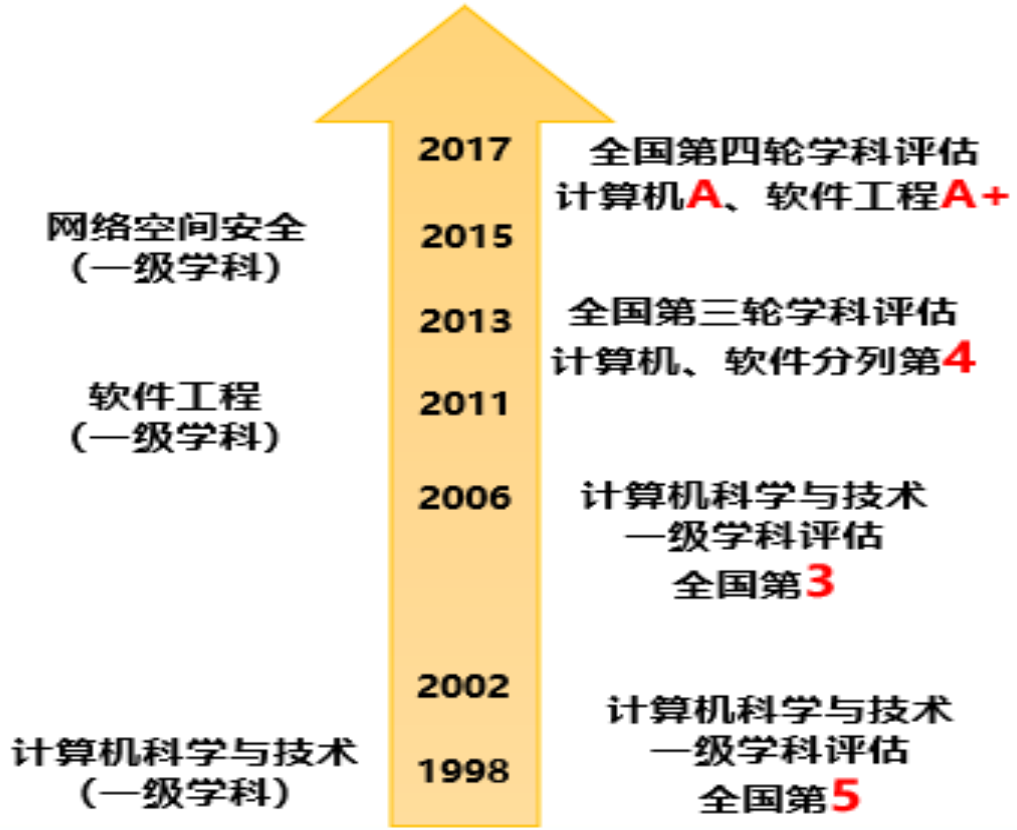
基础软件发展的机遇

- 操作系统伴随硬件、网络互联发展，**拐点通常出现在新应用模式变革的过程中**
- 历史
  - 大型机 → UNIX
  - PC → DOS、Windows、Linux、Mac OS
  - 互联网、云计算 → Linux、网络OS、云OS
  - 移动互联网 → Android、iOS
  - 物联网、工业互联网 → IoTOS
- 未来
  - 国产基础软件如何定位？**面向个人的消费类基础软件如何破局？**
  - 基础软件开源生态如何参与？如何建设？→ **国内、国际双循环？**
  - 下一个拐点在哪里？未来机遇在哪里？
    - **更广域的互联协作？→泛在OS？云际OS？万物互联？**
    - **人工智能OS？机器人OS？**

软件一直是北航优势方向

2017年，教育部第四轮学科评估

软件工程列A+学科、计算机学科列A学科



序	高校名称	软件工程	计算机科学与技术
1	国防科技大学	A+	A+
	浙江大学	A+	A+
2	北京航空航天大学	A+	A
	北京大学	A	A+
	清华大学	A	A+
3	南京大学	A	A
4	武汉大学	A	A-
5	哈尔滨工业大学	A-	A
	上海交通大学	A-	A
6	华东师范大学	A	B+
	北京邮电大学	B+	A
	电子科技大学	B+	A

获批国家首批特色化示范性软件学院

教育部2021年12月公布首批特色化示范性软件学院名单

- 首批33所，68个合作企业
- 北航建设重点：
  - 关键基础软件
  - 大型工业软件

附件

首批特色化示范性软件学院名单

序号	学校名称	建设学院名称	重点领域
1	北京大学	软件与微电子学院	关键基础软件
2	清华大学	软件学院	关键基础软件 大型工业软件
3	北京交通大学	软件学院	行业应用软件
4	北京航空航天大学	软件学院	关键基础软件 大型工业软件
5	北京理工大学	软件学院	关键基础软件 行业应用软件
6	北京邮电大学	计算机学院	新型平台软件 嵌入式软件
7	天津大学	智能与计算学部	关键基础软件 新型平台软件
8	大连理工大学	软件学院	大型工业软件 嵌入式软件
9	东北大学	软件学院	行业应用软件
10	吉林大学	软件学院	行业应用软件
11	哈尔滨工业大学	软件学院	大型工业软件 行业应用软件
12	哈尔滨工程大学	软件学院	大型工业软件
13	复旦大学	软件学院	新型平台软件
14	同济大学	软件学院	行业应用软件 嵌入式软件
15	上海交通大学	电子信息与电气工程学院	关键基础软件
16	华东师范大学	软件工程学院	大型工业软件 嵌入式软件
17	南京大学	软件学院	关键基础软件 行业应用软件
18	苏州大学	计算机科学与技术学院	大型工业软件
19	南京航空航天大学	计算机科学与技术学院	嵌入式软件
20	浙江大学	软件学院	关键基础软件 新型平台软件
21	中国科学技术大学	软件学院	新型平台软件 嵌入式软件

37	万达信息股份有限公司
38	上海电气泰雷兹交通自动化系统有限公司
39	上海艾融软件股份有限公司
40	星环信息科技（上海）股份有限公司
41	苏州同元软控信息技术有限公司
42	行文智教（南京）教育科技有限公司
43	南京翼辉信息技术有限公司
44	阿里云计算有限公司
45	蚂蚁金服（杭州）网络技术有限公司
46	浙大网新科技股份有限公司
47	杭州安恒信息技术股份有限公司
48	杭州趣链科技有限公司
49	福建星网锐捷通讯股份有限公司
50	厦门市美亚柏科信息股份有限公司

“特软”建设核心要求

- **总体目标：**探索**高质量软件人才培养新模式**，促进软件生态体系建 设，国民软件素养提升
  - **使命驱动:**围绕教育强国、制造强国、网络强国战略部署
    - 引导学生充分认识软件自主可控工作的重要性
    - 着力**培养学生的实践能力、创新精神和社会责任感**
  - **突出特色:**以特色化软件人才培养为目标
    - 聚焦**国家软件战略主战场：**关键基础软件、大型工业软件、行业应用软件、 新型平台软件、嵌入式软件等
  - **创新模式:**破除高校与产业壁垒，创新校企协同育人模式
    - 引导、规范行业组织、企业、科研院所
    - 大力开展**关键核心软件技术攻关**

人才培养“四强”模式

强情怀:服务国家需求，需要家国情怀

强基础:科技自立自强，需要扎实基础

强实践:产品自主研发，需要真才实学

强融通:联合技术攻关，需要科教融通

CC2020中各个专业对计算机知识的要求

- 国际ACM/IEEE计算课程体系规范（Computing Curricula，简称CC规范）是美国计算机学会(ACM)和电气与电子工程师协会计算机学会(IEEE-CS)联合组织全球计算机教育专家共同制定的计算机类专业课程体系规范，具有很高的权威性。
- 该规范已历经CC1991、CC2001、CC2005三个重要版本，是国内外一流计算机专业制定课程体系时的重要指导，我国教育部计算机类教指委和国内一流高校计算机学院持续跟踪CC规范的更新。

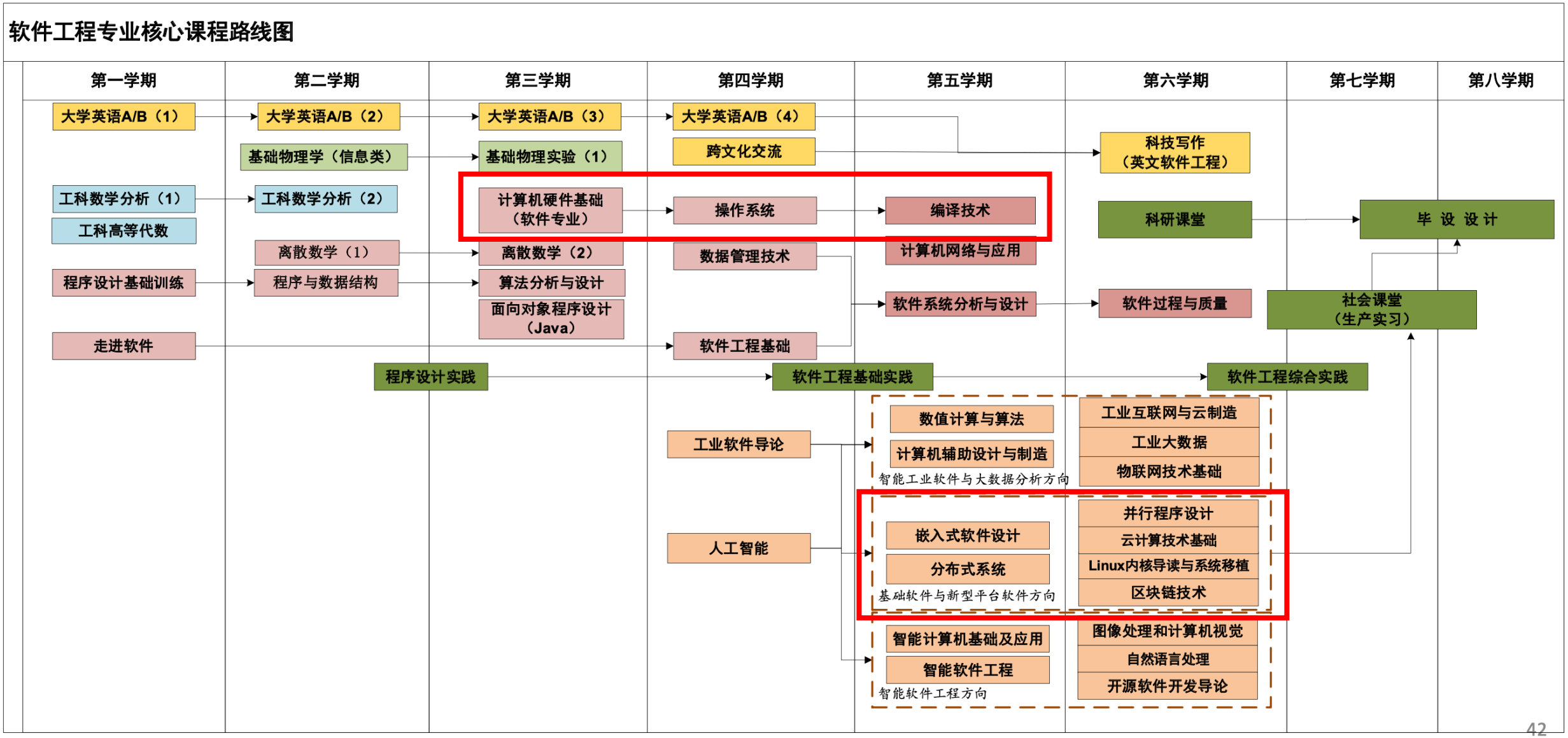
知识要求

		CE		CS		CSEC		IS		IT		SE	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1. Users and Organizations	1.1. Social Issues and Professional Practice	2	5	2	4	2	4	3	5	2	4	3	5
	1.2. Security Policy and Management	1	3	2	3	4	5	2	3	2	4	2	4
	1.3. IS Management and Leadership	0	2	0	2	1	2	4	5	1	2	1	2
	1.4. Enterprise Architecture	0	1	0	1	1	2	3	5	1	3	1	3
	1.5. Project Management	1	3	2	3	1	2	4	5	2	3	2	4
	1.6. User Experience Design	1	3	2	4	1	3	2	4	3	4	3	5
2. Systems Modeling	2.1. Security Issues and Principles	2	3	2	3	4	5	2	4	3	4	2	4
	2.2. Systems Analysis & Design	1	2	1	2	1	2	4	5	1	3	2	4
	2.3. Requirements Analysis and Specification	1	2	1	2	0	2	2	4	1	3	3	5
	2.4. Data and Information Management	1	2	2	4	2	3	3	5	2	3	2	4
3. Systems Architecture and Infrastructure	3.1. Virtual Systems and Services	1	3	1	3	1	2	1	2	3	4	1	3
	3.2. Intelligent Systems (AI)	1	3	3	5	1	2	1	2	1	2	0	1
	3.3. Internet of Things	2	4	0	2	1	3	1	3	2	4	1	3
	3.4. Parallel and Distributed Computing	2	4	2	4	1	2	1	3	1	3	2	3
	3.5. Computer Networks	2	4	2	4	2	4	1	3	3	4	2	2
	3.6. Embedded Systems	3	5	0	2	1	3	0	1	0	1	0	3
	3.7. Integrated Systems Technology	1	2	0	2	0	2	1	3	3	4	1	3
	3.8. Platform Technologies	0	1	1	2	1	2	1	3	2	4	0	2
	3.9. Security Technology and Implementation	2	3	2	4	4	5	1	3	2	4	2	4

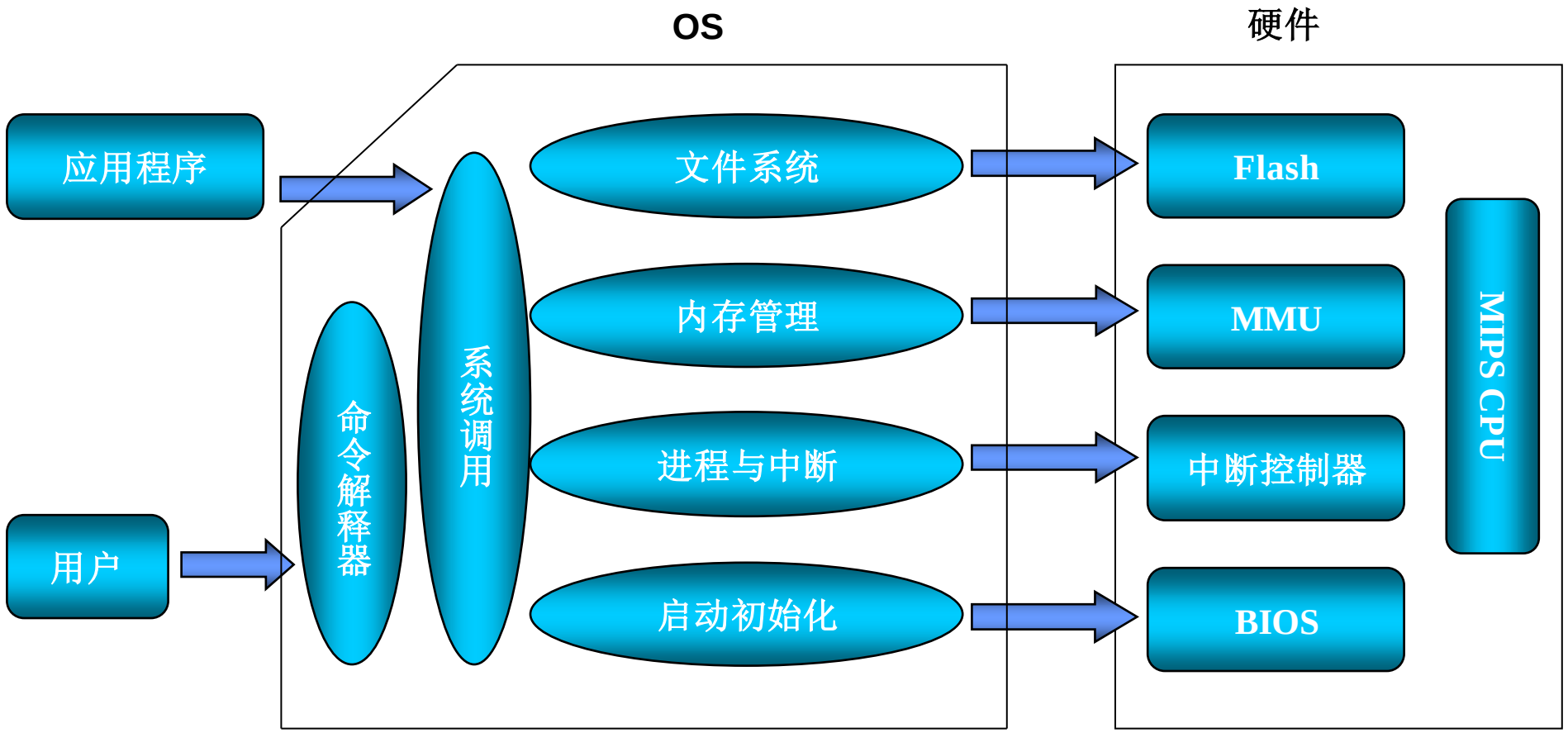
知识要求

		CE		CS		CSEC		IS		IT		SE	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
4. Software Development	4.1. Software Quality, Verification and Validation	1	3	1	3	1	2	1	3	1	2	3	5
	4.2. Software Process	1	2	1	3	0	2	1	3	1	3	3	5
	4.3. Software Modeling and Analysis	1	3	1	3	1	2	2	4	1	3	4	5
	4.4. Software Design	2	4	2	4	1	3	1	3	1	2	4	5
	4.5. Platform-Based Development	0	2	2	4	0	1	1	3	2	4	1	3
5. Software Fundamentals	5.1. Graphics and Visualization	1	2	2	4	0	1	1	1	0	1	0	2
	5.2. Operating Systems	2	4	3	5	2	3	1	2	1	3	1	3
	5.3. Data Structures, Algorithms and Complexity	2	4	4	5	1	3	1	3	1	2	2	4
	5.4. Programming Languages	2	3	3	5	1	2	1	2	1	2	2	3
	5.5. Programming Fundamentals	2	4	4	5	2	3	1	3	2	4	3	5
	5.6. Computing Systems Fundamentals	2	3	2	3	1	2	2	3	1	3	2	3
6. Hardware	6.1. Architecture and Organization	4	5	3	4	1	3	1	2	1	2	1	3
	6.2. Digital Design	4	5	1	2	0	2	0	1	0	1	0	2
	6.3. Circuits and Electronics	4	5	1	2	0	1	0	1	1	2	0	1
	6.4. Signal Processing	3	4	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1

课程路线图

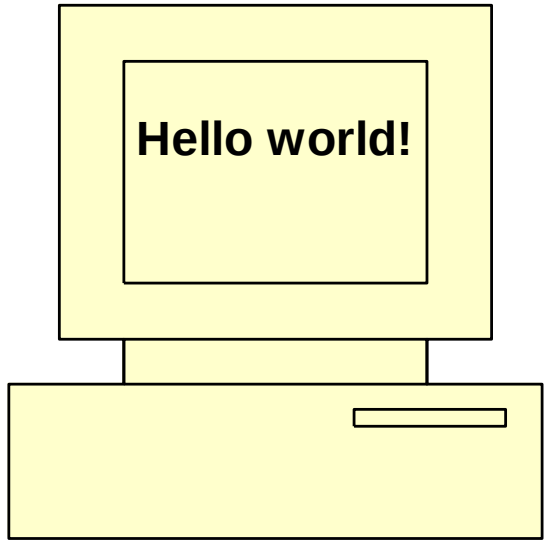

软件工程专业核心课程路线图
第一学期
第二学期
第三学期
第四学期
第五学期
第六学期
第七学期
第八学期
大学英语A/B（1）
大学英语A/B（2）
大学英语A/B（3）
大学英语A/B（4）
基础物理学（信息类）
基础物理实验（1）
跨文化交流
科技写作（英文软件工程）
工科数学分析（1）
工科数学分析（2）
计算机硬件基础（软件专业）
操作系统
编译技术
科研课堂
毕 设 设 计
工科高等代数
离散数学（1）
离散数学（2）
数据管理技术
计算机网络与应用
程序设计基础训练
程序与数据结构
算法分析与设计
软件系统分析与设计
软件过程与质量
社会课堂（生产实习）
面向对象程序设计（Java）
走进软件
软件工程基础
程序设计实践
软件工程基础实践
软件工程综合实践
数值计算与算法
工业互联网与云制造
工业软件导论
计算机辅助设计与制造
工业大数据
物联网技术基础
智能工业软件与大数据分析方向
并行程序设计
嵌入式软件设计
云计算技术基础
人工智能
分布式系统
Linux内核导读与系统移植
区块链技术
基础软件与新型平台软件方向
智能计算机基础及应用
图像处理和计算机视觉
智能软件工程
自然语言处理
开源软件开发导论
智能软件工程方向

OS课引入：硬件、应用程序的关系



An example

```
#include <stdio.h>
main() {
    printf("hello world!\n");
}
```

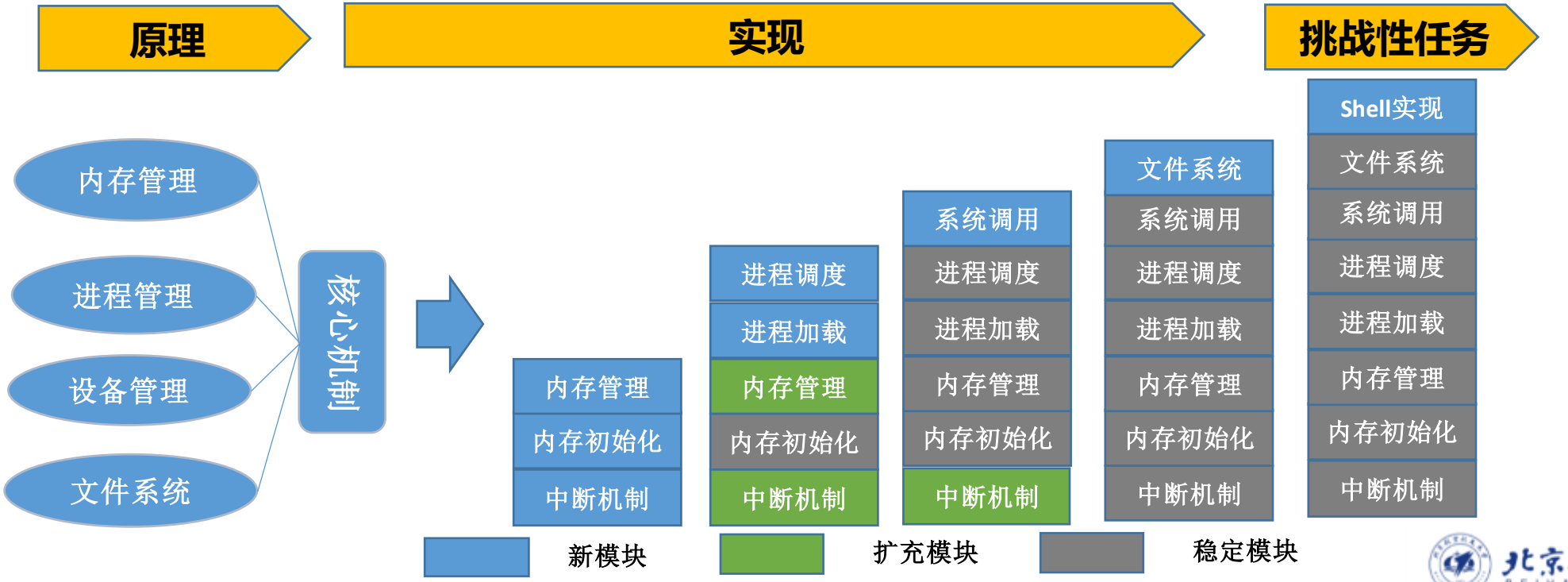


What happens?(不完全统计)

- 编译、连接成可执行文件
- 用户告诉shell执行该可执行程序
- 创建一个新的子进程
  - 创建进程控制块
- 装入hello程序
  - 操作系统（在文件系统中）找到该程序，检查其类型
  - 检查程序首部，找出正文和数据的地址
  - 可执行文件映射到进程结构
  - 设置CPU上下文环境，并设置程序开始处
  - 调度hello程序
- 执行程序的第一条指令
  - 执行失败，缺页中断发生
  - 分配一页内存，并将代码从磁盘读入，继续执行
  - 更多的缺页中断，读入更多的页面
- printf
  - 操作系统检查字符串的位置是否正确
  - 操作系统找到字符串被送往的设备
  - 设备是一个伪终端，由一个进程控制
  - 操作系统将字符串送给该进程
  - 该进程告诉窗口系统它要显示字符串
  - 窗口系统确定这是一个合法操作，然后将字符串转换成像素
  - 窗口系统将像素写入存储映像区
- 视频硬件将像素表示转换成一组模拟信号控制显示器（重画屏幕）
- 显示器发射电子束（液晶控制）
- 你在屏幕上看到hello world!

增量式《操作系统课程设计》教学方法

- 目标：1学期实现1个**功能完整的操作系统（MOS）**
- 方法：**7级32个实验，积木式模块化**教学方法
- 环境：云化实验支撑环境，**支撑每届600+人的选课规模**

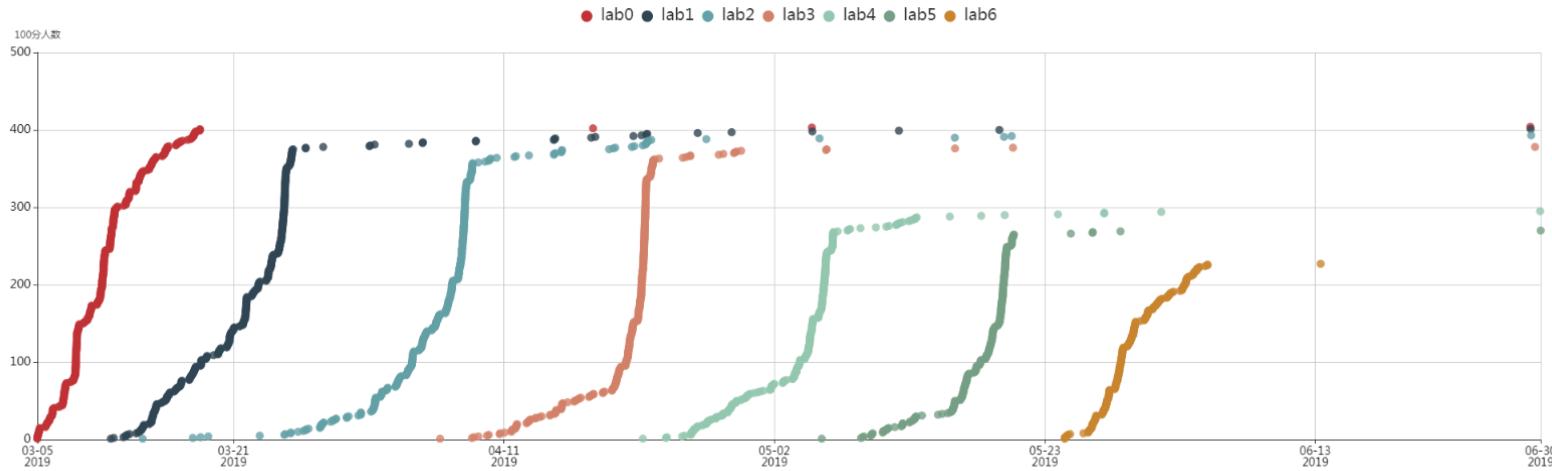


对学生的要求

- 学生要能**独立完成**一个微型OS的编写（填空）
  - 包括C语言、汇编语言、Makefile、link script等
- 使用Linux**命令行编辑工具**
  - 如vim、nano、emacs进行文本编辑
- 使用make、gcc等（交叉）编译、调试**工具链**生成MIPS目标代码（内核文件）
- 使用模拟器gxemul装载并执行所生成的内核文件，观察实验现象，调试实验代码
- 使用git管理代码（分枝），提交课程代码库进行**自动评测**
- **每周接受上次测试，限时实现新需求**
  - **e.g. 伙伴系统、PV操作、非法指令异常处理**
- **挑战性任务：**ARM移植、FAT文件系统实现、完整busybox移植

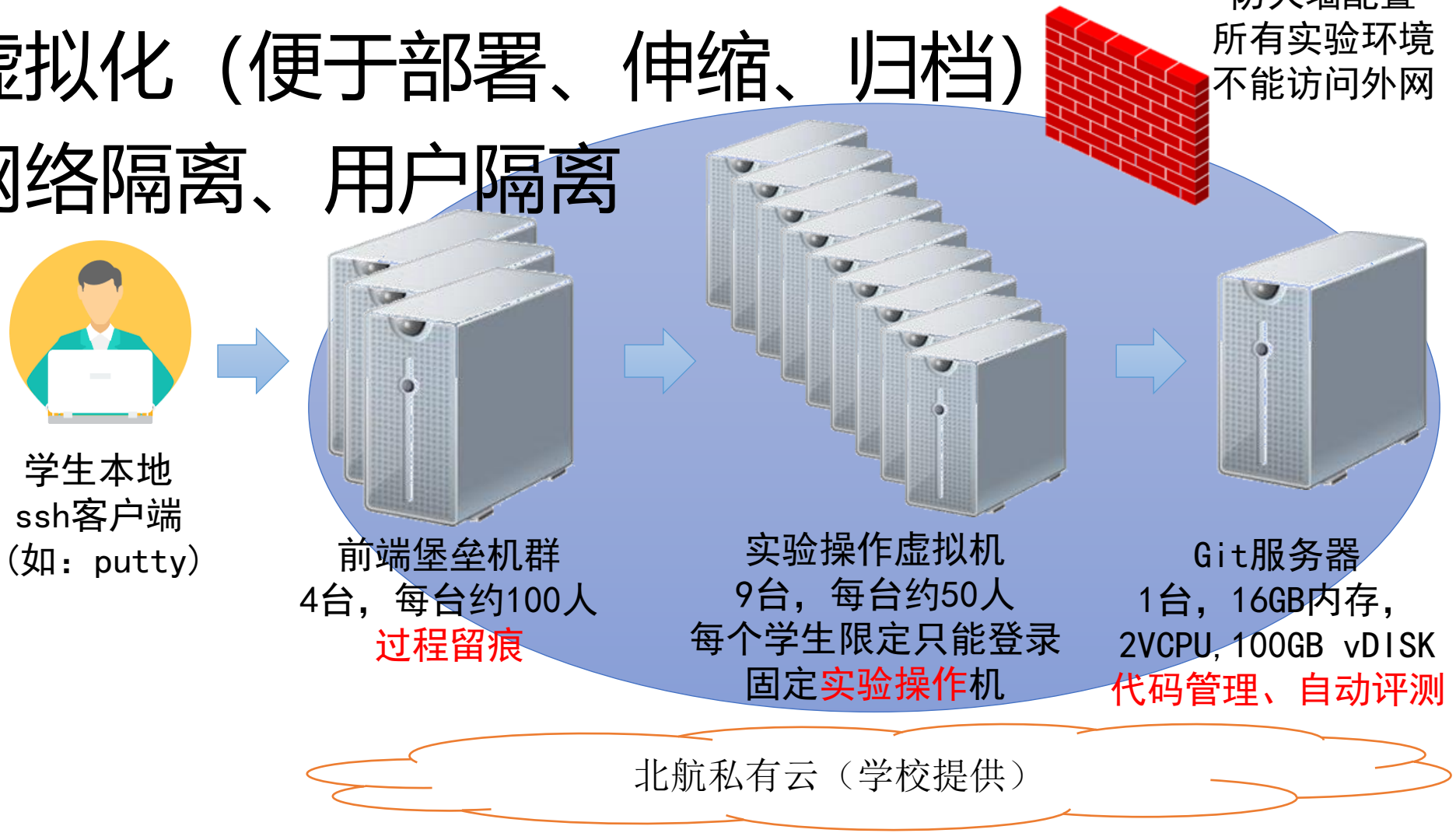
代码管理与自动评测系统

- 对学习过程的自动控制
  - Git代码库：管理所有实验相关代码
  - 自动化评测
    - 根据所提交分支自动运行git hook脚本，在受控环境下编译、执行学生代码，自动比对输出结果，自动评分
    - 根据评分结果，自动下发下一实验的基础代码（增量学习）
- 过程留痕（堡垒机）
  - 采用前端机收集操作过程，包括命令、键盘敲击等
  - 用于事后分析
- 能够分析什么？
  - 学生代码阅读时间（分文件、分时间）
  - 学生学生完成作业的时间（开始时间、用时等）

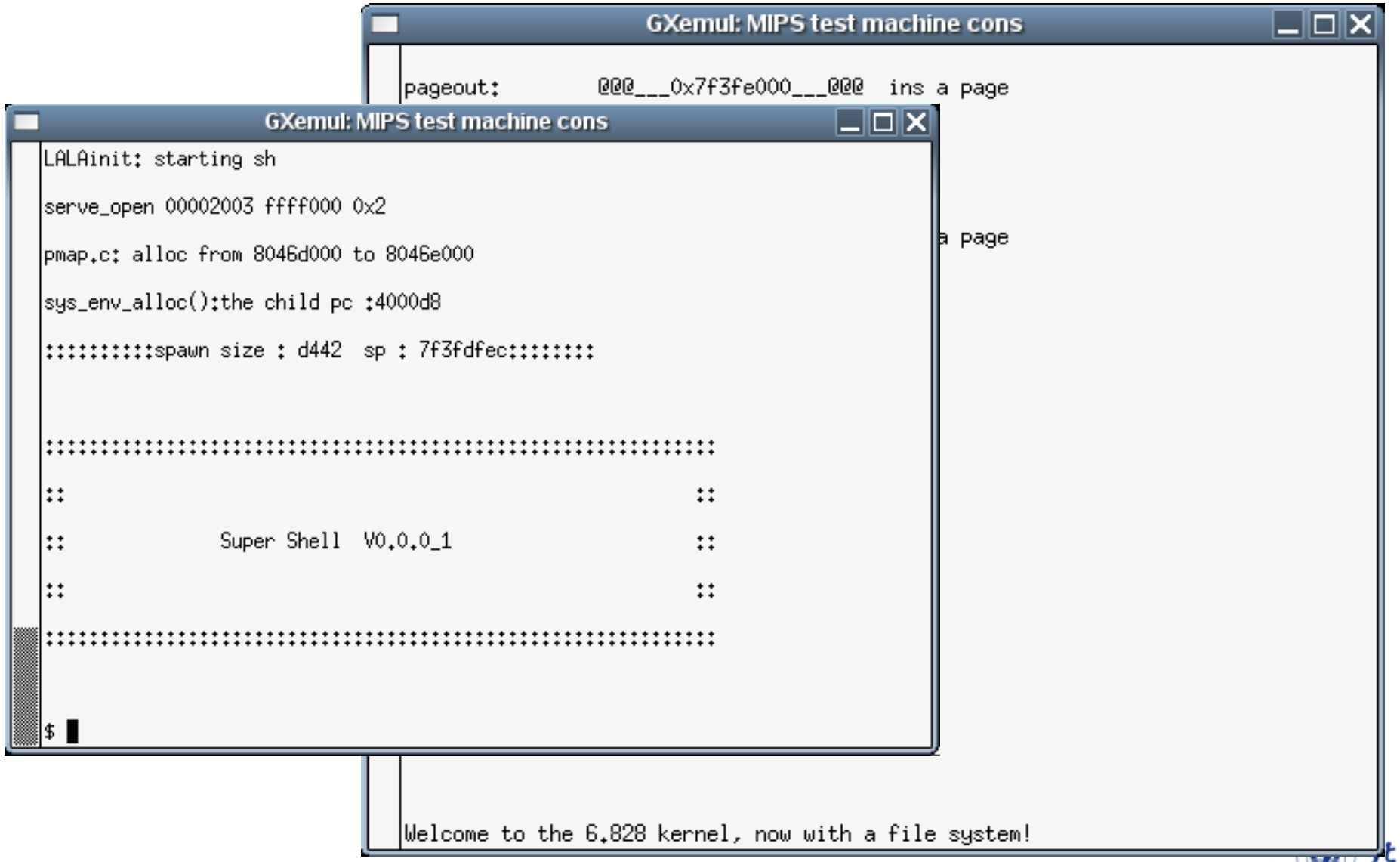


操作系统实验环境部署结构

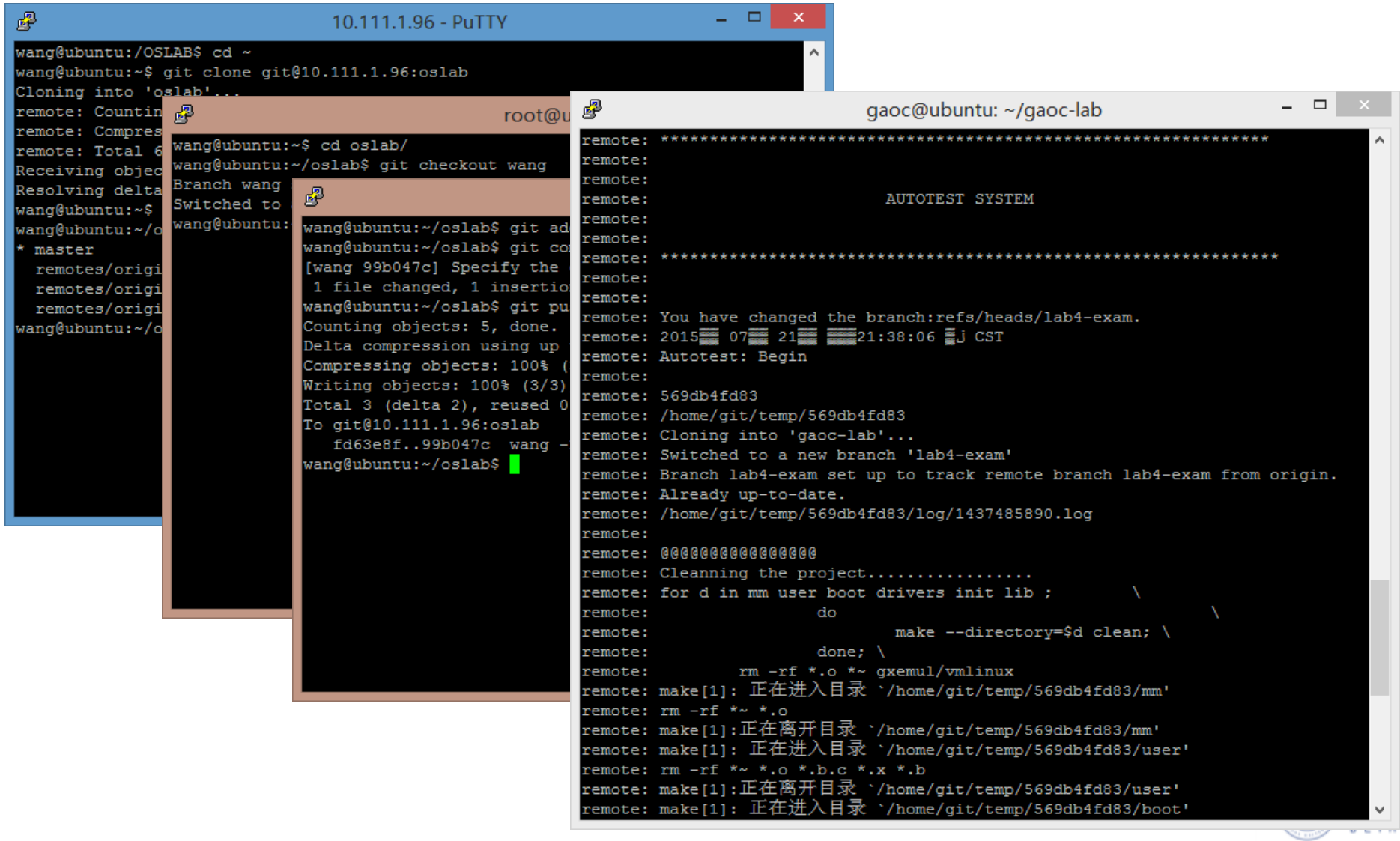
- 虚拟化（便于部署、伸缩、归档）
- 网络隔离、用户隔离



GXEMUL仿真器上运行的完整系统

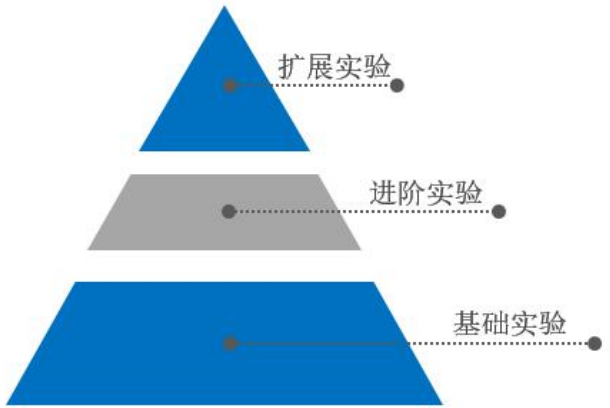


自动评测系统


10.111.1.96 - PuTTY
wang@ubuntu:/OSLAB$ cd ~
wang@ubuntu:~$ git clone git@10.111.1.96:oslab
Cloning into 'oslab'...
wang@ubuntu:~$ cd oslab/
wang@ubuntu:~/oslab$ git checkout wang
wang@ubuntu:~/oslab$ git add
wang@ubuntu:~/oslab$ git commit
[wang 99b047c] Specify the
1 file changed, 1 insertio
wang@ubuntu:~/oslab$ git pu
Counting objects: 5, done.
Delta compression using up
Compressing objects: 100% (
Writing objects: 100% (3/3)
Total 3 (delta 2), reused 0
To git@10.111.1.96:oslab
fd63e8f..99b047c wang -
wang@ubuntu:~/oslab$
gaoc@ubuntu: ~/gaoc-lab
remote: ********************
remote: AUTOTEST SYSTEM
remote: ********************
remote: You have changed the branch:refs/heads/lab4-exam.
remote: Autotest: Begin
remote: 569db4fd83
remote: /home/git/temp/569db4fd83
remote: Cloning into 'gaoc-lab'...
remote: Switched to a new branch 'lab4-exam'
remote: Branch lab4-exam set up to track remote branch lab4-exam from origin.
remote: Already up-to-date.
remote: /home/git/temp/569db4fd83/log/1437485890.log
remote: @@@@@@@@@@@@@@@@
remote: Cleanning the project.....
remote: for d in mm user boot drivers init lib ; \
remote: do \
remote: make --directory=$d clean; \
remote: done; \
remote: rm -rf *.o *~ gxemul/vmlinux
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/mm'
remote: rm -rf *~ *.o
remote: make[1]:正在离开目录 `/home/git/temp/569db4fd83/mm'
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/user'
remote: rm -rf *~ *.o *.b.c *.x *.b
remote: make[1]:正在离开目录 `/home/git/temp/569db4fd83/user'
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/boot'

嵌入式系统教学

- 嵌入式系统实验教学作为计算机专业人才培养的重要实践环节之一。嵌入式课程重点培养学生的以下能力：
  - 嵌入式系统整体框架和模块理解能力
  - 嵌入式系统应用开发能力
  - 嵌入式系统驱动设计与开发能力



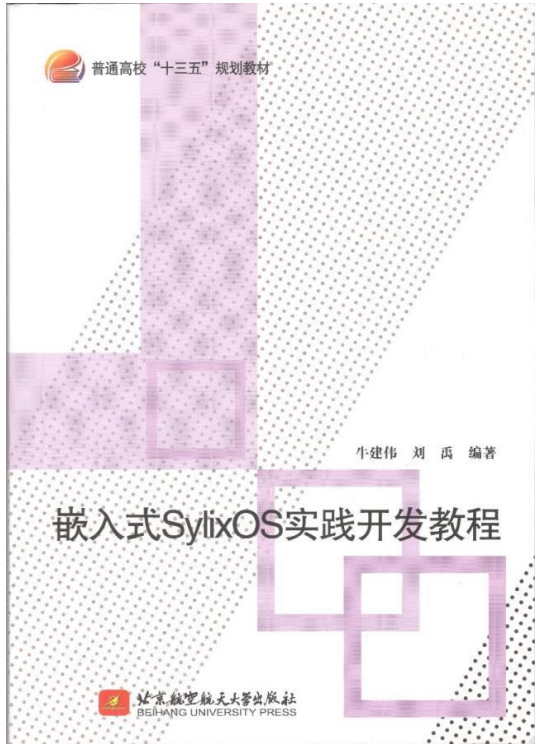
嵌入式扩展实验，面向少数拔尖学生，提高综合设计开发能力。

嵌入式进阶实验，主要包括嵌入式系统驱动设计开发和运行，和上层应用开发，提高学生对嵌入式系统的理解能力，和工程实践能力。

嵌入式基础实验，主要包括嵌入式系统基础概念的操作和实践，是嵌入式系统核心知识理解与应用能力、工程实践能力的体现。

嵌入式系统试验（研究生）

实验序号	实验名称	实验内容
1	SylixOS 开发基础知识	主要介绍 SylixOS 操作系统以及 SylixOS 开发的基础知识，为之后的实验做准备。
2	ARM 汇编基础实验	主要讲解汇编与 C 语言混合编程的方法。
3	文件操作实验	本实验主要介绍在 SylixOS 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。
4	时间操作实验	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。
5	多线程实验	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。
6	多进程实验	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。
7	网络通信实验	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、web 服务器的编程和使用。
8	GPIO 驱动实验	通过对 GPIO 驱动介绍和 GPIO 的实际操作，介绍在 SylixOS 操作系统下对硬件设备操作特点和思想。
9	LED 驱动实验	逐步深入地演示内核模块的使用，并在最后给出了一个完整的 LED 内核模块驱动例程。
10	嵌入式数据库实验	介绍嵌入式数据库 SQlite3 并完成 SQlite3 在 SylixOS 下的移植，并以移植后的 SQlite3 为基础完成嵌入式数据库应用。



在线试验环境

现有问题

- 缺乏充足的实验资源
- 缺乏自由的学习环境
- 缺乏复用的实验平台
- 缺乏有效的管理手段

改革措施

- 搭建在线的实验平台
- 设计全新的实验体系
- 推进自主的学习模式
- 探索高效的教学方法

宗旨：建设一个全时空、跟随式、虚实结合的嵌入式开发实验云平台

彻底打破时空限制

实现实验环境跟人走

支持课上实验+课下实验

全实物硬件实验平台

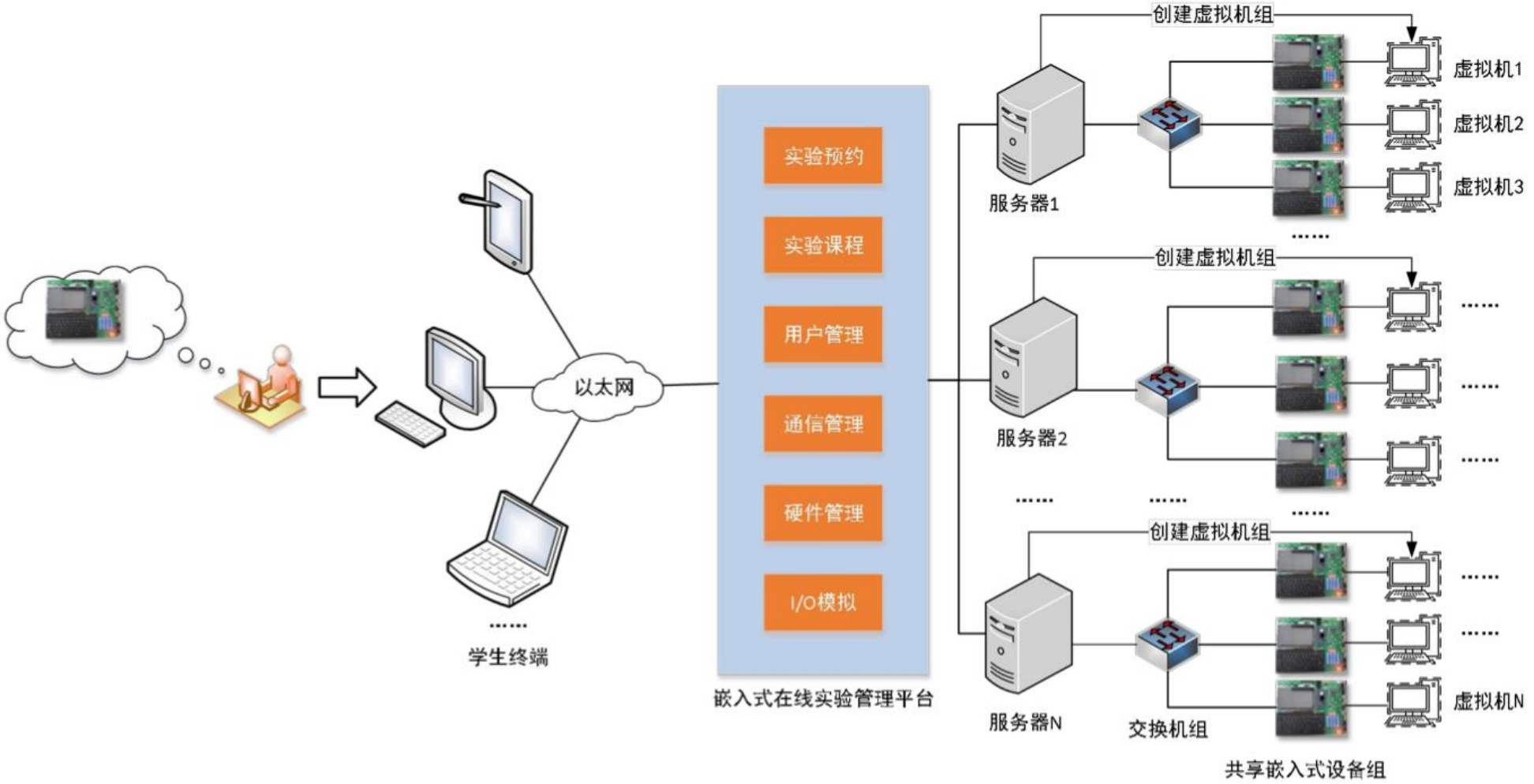
基于虚实结合的嵌入式开发Web在线实验平台

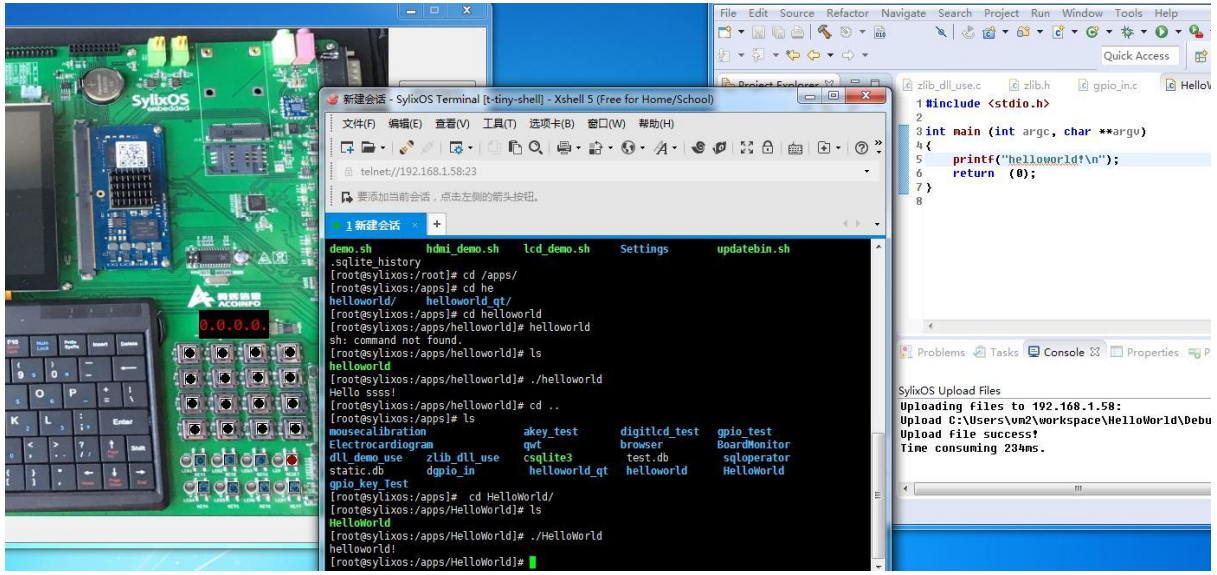
自主研发！紧贴教学！

虚实结合在线实验环境

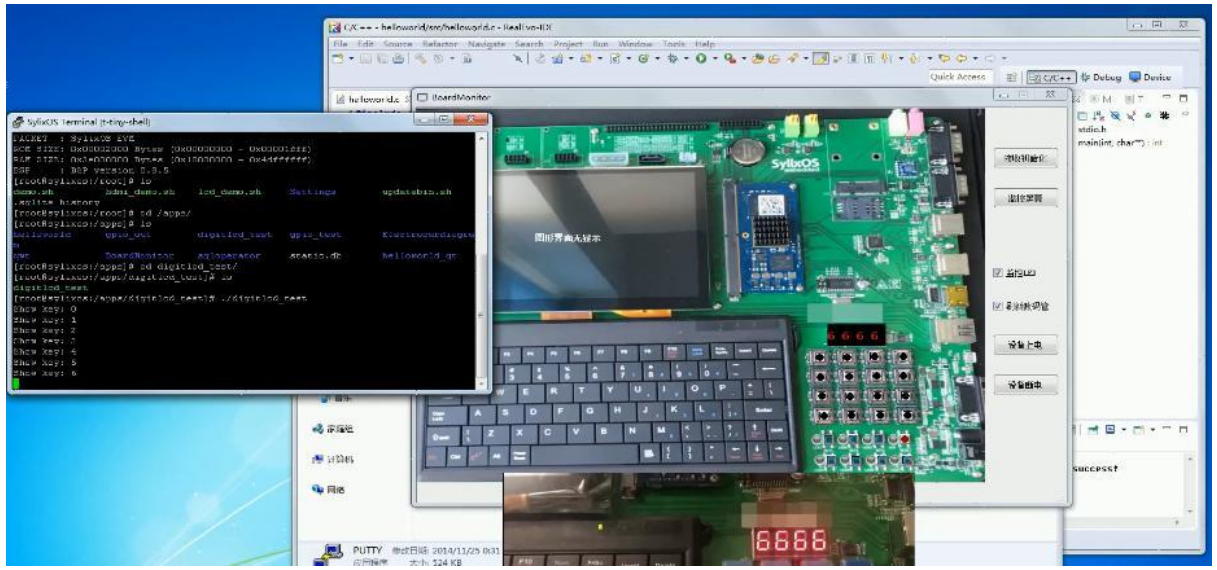
- 基于虚实结合的嵌入式开发Web在线实验平台
- 以“把真实的嵌入式实验板随时随地展现在学生面前”为目标
- 满足学生在任何时间和地点，打开浏览器就可以像在嵌入式实验室一样开展实验
  - 实物实验板上电与断电
  - 实物实验板实时状态
  - 嵌入式系统的驱动软件开发

嵌入式系统在线实验平台架构设计方案





嵌入式系统在线实验开发环境



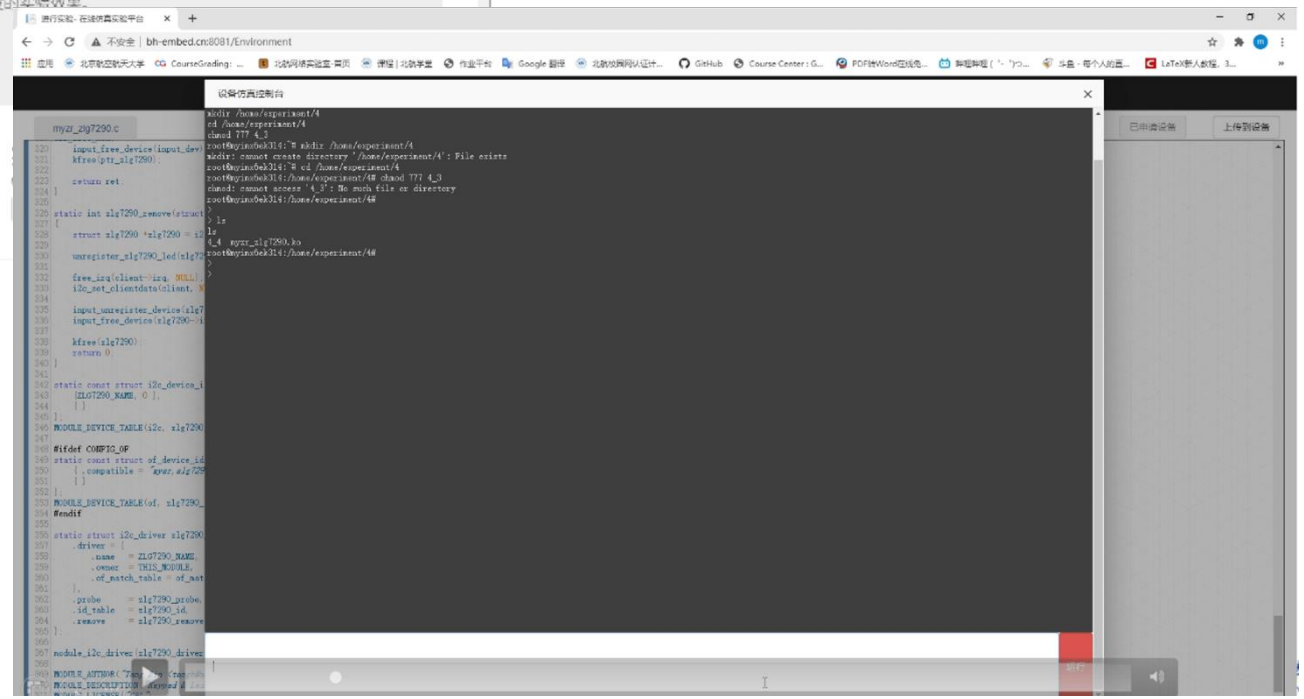
LED 驱动开发实验效果展示

硬件环境

- BH-i.MX6Q
  - 4 核处理器基于 ARM-CortexA9;
  - 1G Byte DDR3 内存;
  - 2M Byte SPI NOR Flash;
  - 4G Byte Emmc;
  - 7 路 GPIO 按键，8 路 GPIO 控制的 LED;
  - zlg7290 芯片扩展 4 位数码管和 4x4 阵列按键;

在线教学平台


在线仿真实验平台
关于
联系
登录
嵌入式开发Web在线仿真实验平台
北京航空航天大学计算机学院
通过网站应用，编辑你的硬件控制程序代码，连接到实验室内的硬件设备进行远程仿真控制，并返回结果，达到远程调试开发的实验效果。
登录使用 »
专属学员账号
仿真实验项目


设备仿真控制台
mkdir /home/experiment/4
cd /home/experiment/4
chmod 777 4_4
root@myimx6ek314:~# mkdir /home/experiment/4
mkdir: cannot create directory '/home/experiment/4': File exists
root@myimx6ek314:~# cd /home/experiment/4
root@myimx6ek314:/home/experiment/4# chmod 777 4_4
chmod: cannot access '4_4': No such file or directory
root@myimx6ek314:/home/experiment/4#
> ls
ls
4_4 myzr_zlg7290.ko
root@myimx6ek314:/home/experiment/4#

实验板3D渲染

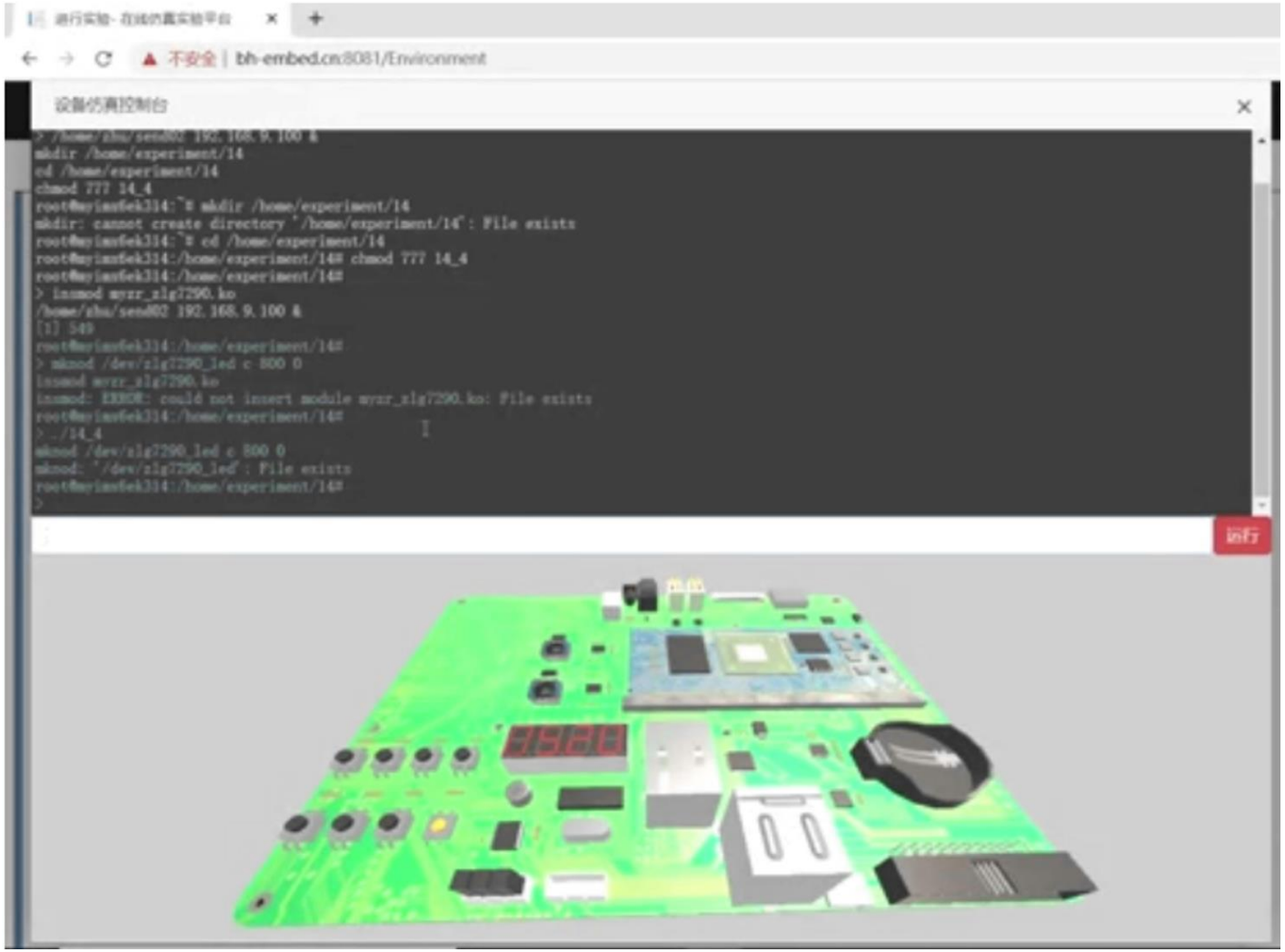
输出：

数码管

LED

输入：

按键



翼辉信息 ACOINFO

单片机与嵌入式系统应用 Microcontrollers & Embedded Systems

谢谢！

沃天宇
woty@buaa.edu.cn