

利用信息技术工具 提升本科生专业基础课的质量

清华大学

电工电子实验教学中心副主任

电子工程系副教授

联合实验室主任

罗嵘

luorong@tsinghua.edu.cn

内容概要

- 引言
- 目标&实践结果
- 数电课程建设内容
- 电子技术系列实验课程建设内容
- **ALTERA**联合实验室工作
- 总结

引言 (1)

- 技术的不断更新

- 具有短暂的**50**余年历史的计算机硬件已经在容量和成本上经历了人类历史上最生动的进步
- 逻辑设计
 - 硬件设计更多地使用了中规模和大规模集成电路器件（如可编程逻辑器件）
 - 引入了电子设计自动化技术，设计者可以利用硬件描述语言完成从系统级到逻辑级的设计，使得设计效率更高，设计成本低而速度快

引言 (2)

- 数字电路课程是国内外理工科类的大学生必修的课程，尤其对于电子、计算机等专业的本科生，本课程可以为这些学生将来从事深入相关科学研究打下坚实的基础
- 原有理论课和实验课的相对独立，以及原有硬件电路实验的落后，导致很多学生无法理解电路的性能，时序特性以及大规模数字集成电路芯片的分析与设计与本课程的关系

引言 (3)

- 数电课程的主要理论和方法
 - 布尔代数
 - 组合电路分析与设计方法
 - 时序电路分析与设计方法
 - 状态机概念

引言 (4)

- 改革动因

- 为国家和社会培养高层次、高素质、多样化、创新性的优秀人才
- 不要重复讲具体的电路设计
- 注重理论和方法
- 增加实践比重
- 现代大规模数字系统设计方法

目标&实践结果 (1)

- 《数字逻辑电路》要达到的目的是使学生掌握设计一个数字系统的能力
- 探索研究型本科生专业基础课的教学模式
- 清华大学信息学院平台课建设中的一门基础课，**2009年清华大学精品课**
- 通过2004~2008五个学期的教学实践，证明了教学改革思路是正确的，达到了教学大纲规定的教学目的，得到了学生的认可和好评

目标&实践结果 (2)

- 《电子技术系列实验》是与电子技术理论课相配合的实践课程
- 培养学生的实践能力和创新精神
 - 培养基本实验能力。包括正确观察与分析实验现象；正确选择和使用电子仪器进行科学实验；电路与系统的测试技术；实验数据的处理技术；培养总结表达能力，提高处理技术文件的素质与能力等
 - 提高电路设计与实现能力。包括根据要求选择电路方案；设计电路结构；正确选择与使用元器件；电路性能的分析计算；电路与系统的性能调试与指标测试等。具有使用计算机辅助分析与设计工具分析设计与系统的能力。使用计算机辅助分析和设计工具来分析与设计电路，已经成为电类本科生必须掌握的知识与必备的基本能力
- 清华大学精品课，北京市示范基地

数电课程建设内容

- 特色
- 内容
- 评价

数电课程建设内容_特色

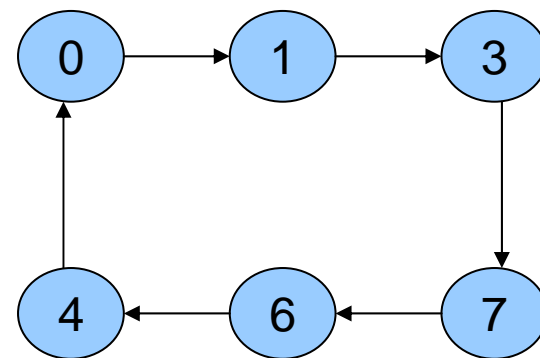
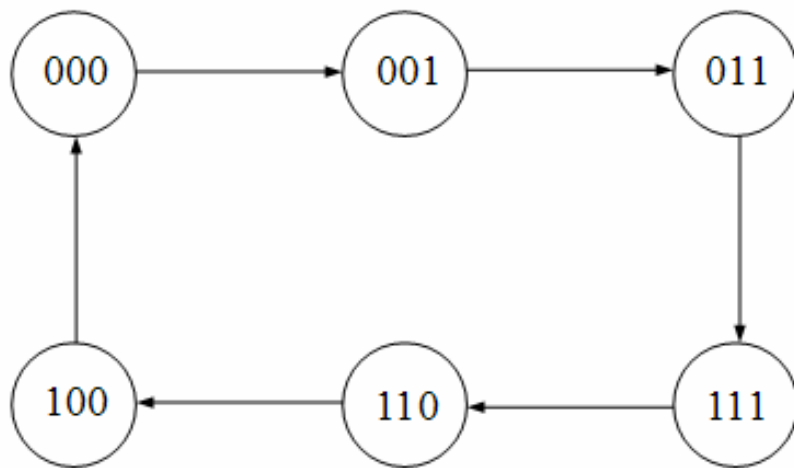
- 提炼了讲授的理论内容，让学生在研究中理解和掌握理论知识。讲课注重各种不同电路中共同的基本分析和设计方法，实验注重学生的研究性、创造性的培养
- 引入了先进的计算机辅助设计工具，学生利用硬件描述语言、基于FPGA开发系统进行数字系统设计，提高了他们进行ASIC设计的能力
- 打破了传统教学以老师课堂讲授为主的教学观念和教学模式，探索了讲课和实验、研究相结合的边学边实践的教学方式，加强了学生理论与实践相结合的意识；开创了以学生为主体的自主式、实践式、研究式的新型教学模式
- 采用双语教学模式，并要求学生们阅读英文教材，在“数字逻辑设计”课程上让学生们用英语进行学术研究进展调研汇报，提高了学生们的英语阅读和表达水平，拓宽了学生的知识面

数电课程建设内容_内容（1）

- 3学分，48学时
- 引入**EDA（电子设计自动化）工具**
 - 理论课上增加了2学时的**EDA工具**和硬件描述语言介绍，让学生们边学边实践，增强对理论知识的掌握，并熟悉使用**EDA工具**进行数字电路的设计
 - 配备暑期电子技术课程设计之**FPGA**专题实验，使用**EDA工具**进行完整的数字系统的设计

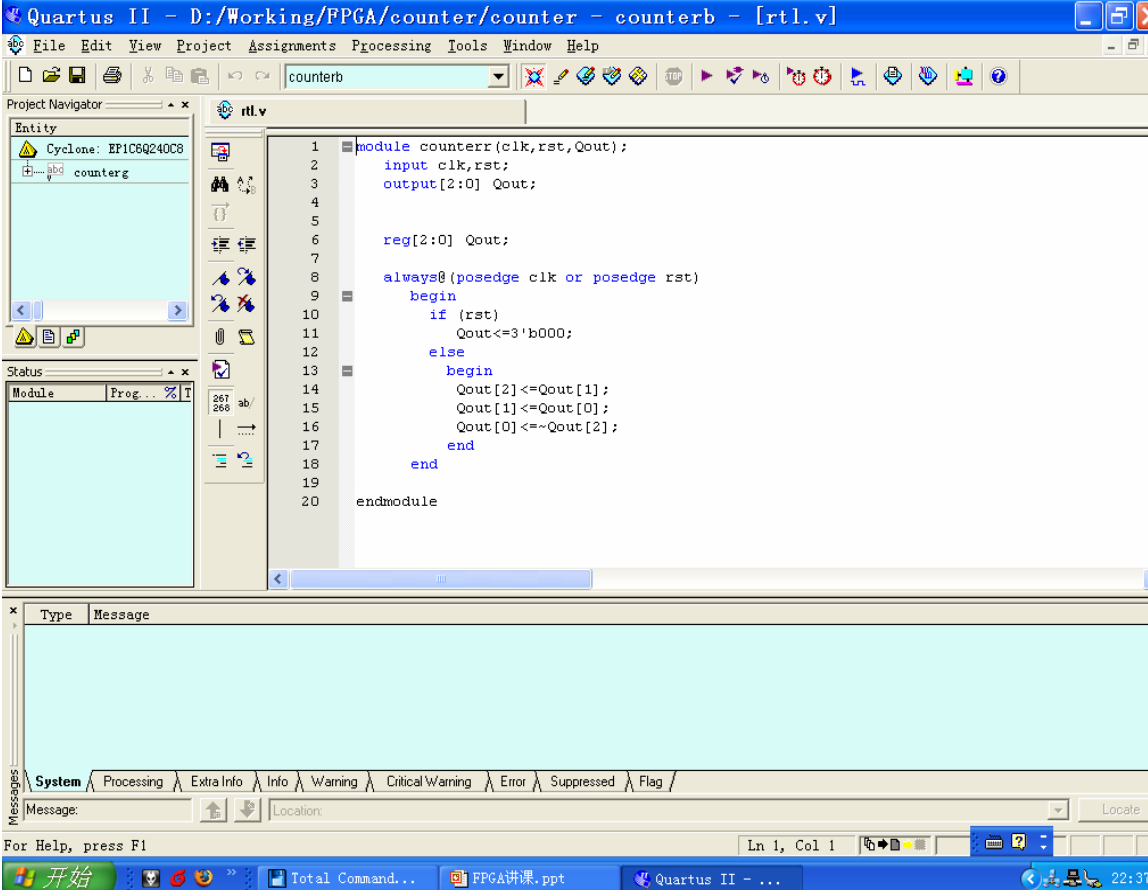
数电课程建设内容_用EDA工具实现计数器设计_状态图

- 六进制，基于移位寄存器，扭环形计数器



数电课程建设内容_用EDA工具实现计数器设计_输入Verilog描述

- 方便快捷



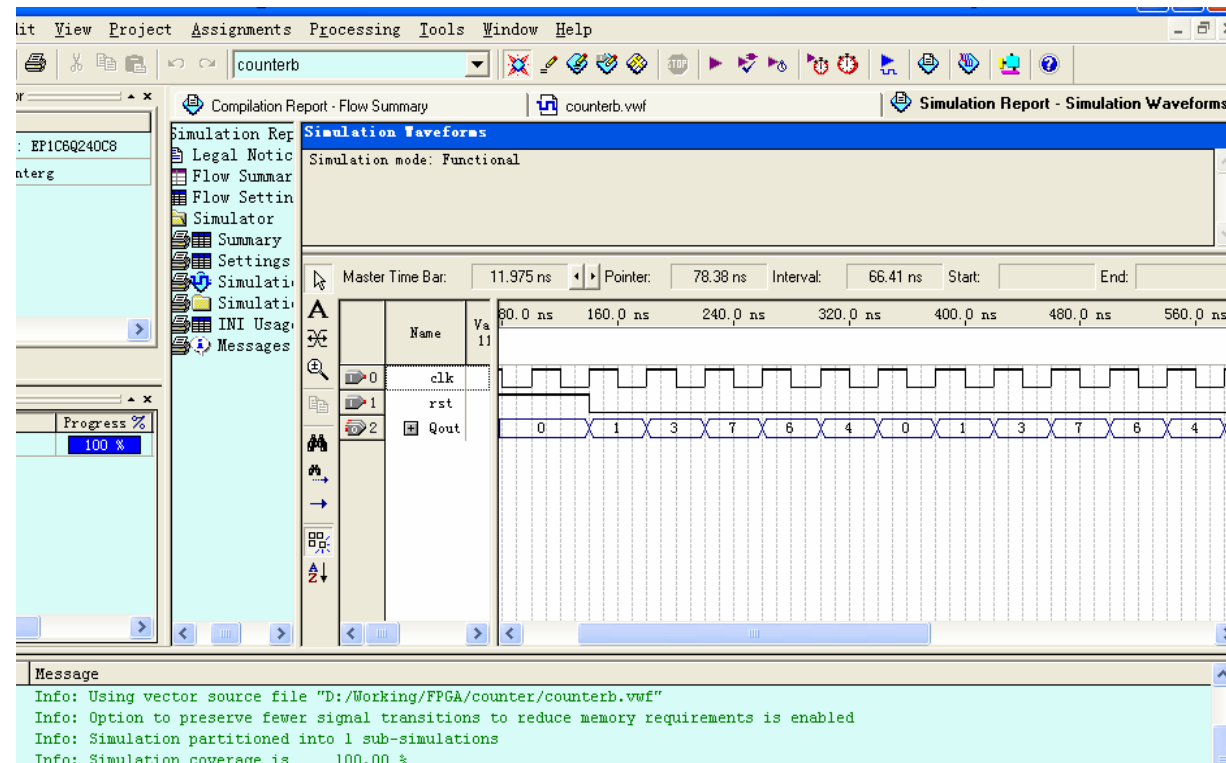
The screenshot displays the Quartus II IDE interface. The main window shows a Verilog HDL code for a counter module named 'counterr'. The code is as follows:

```
1 module counterr(clk,rst,Qout);
2   input clk,rst;
3   output [2:0] Qout;
4
5
6   reg [2:0] Qout;
7
8   always@ (posedge clk or posedge rst)
9   begin
10    if (rst)
11      Qout<=3'b000;
12    else
13      begin
14        Qout [2]<=Qout [1];
15        Qout [1]<=Qout [0];
16        Qout [0]<=~Qout [2];
17      end
18    end
19
20 endmodule
```

The interface includes a Project Navigator on the left showing the project structure, a Status window, and a Messages window at the bottom. The status bar at the bottom indicates the current position is at Line 1, Column 1.

数电课程建设内容_用EDA工具实现计数器设计_仿真结果

- 形象生动



数电课程建设内容_实验平台_1

- 改进实验方法，优选实验平台
- 第一代，掌宇CPLD/FPGA实验装置
- 第二代，杭州康芯装置（GW-48），普及型实验
- 第三代
 - Gen3-1，台湾友晶DE2-70，深层次研究型实验
 - Gen3-2，在百科荣创SOPC-III基础上，联合开发清华-百科数字系统设计综合平台
 - ✓ 联合开发“加强型”EDA/SOPC数字系统设计实验平台
 - ✓ 支持全部基础型、综合设计型、研究型实验
 - ✓ 掌握数字电路基本特性
 - ✓ 掌握以FPGA为核心，基于硬件编程语言的数字系统设计方法
 - ✓ 兼容多种课时设置

数电课程建设内容_实验平台_2



面包板
接口

数电课程建设内容_面包板接口的作用

- 可采用常用典型的数字**IC**芯片设计数字电路
- 可让学生了解
 - 集成电路芯片和**FPGA**芯片在性能参数、设计方法等方面的区别
 - 进行对比

数电课程建设内容_内容（2）

● 提炼了讲课内容

- 课堂教学对学生掌握基本概念，学习共同性内容和典型电路分析是高效的方法
- 不占用课堂时间讲授大量重复的内容，例如加法器、减法器 and 乘法器都是组合电路，它们的分析方法和设计方法没有什么差别，只需要在课堂上讲授其中一种电路就可以

● 双语教学模式

- 双语教材+英文教材，英文讲义，以中文为主进行教学
- 组织学生进行相关技术领域研究进展的英文交流讨论

数电课程建设内容_内容（3）

- 专门开设了**实践类课程**——数字逻辑设计
 - 讲课约为24学时，实验总学时约为42学时
 - 实验包括软件和硬件两部分
- **合理安排课堂教学与设计实践的交错，使整个课程有机、高效进行，形成课堂教学和实践环节的有机结合**
 - 学生在设计过程中，在对数字电路的使用中加深对它们的理解，远比从孤立的单元电路去理解要深刻
 - 本课程课堂上需要学生完成的实验内容主要是研究型实验

数电课程建设内容_内容（4）

- 选择合适的实验题目，从简单到复杂，逐步提高学生的设计能力
 - 设计了研究型实验内容，包括基本实验和选作实验两大部分
 - 每年都会有更新
 - 注重突出数字逻辑设计的基本知识点，尽可能覆盖数字逻辑课程的相关知识点，使学生通过实验对数字逻辑课程的内容有更深层次的理解
 - 适当安排一些研究型课题，使学生在理解和掌握基本知识点的前提下，对所学内容有更深入的认识
 - 将数字逻辑设计的基本知识运用于数字信号处理和数字通信的简单实现中，使学生形成初步的数字信号处理和通信的概念，为后续课程打下一定的基础

数电课程建设内容_评价

- 通过本课程的学习，觉得自己的收获不少，主要表现在以下三个方面
 - 初步掌握了硬件描述语言和FPGA设计的基本方法
 - 关于数字电路的基础知识，通过在实验中的应用得到了巩固，而不是通过做大量习题得到巩固，两者相比，前者的效果要好的多
 - 仿真和实验中的几次失败使得对于时序险象和设计的稳定性有了深刻的理解，这些不通过实验是很难体会到的

电子技术系列实验课程建设内容

- 电子技术系列实验课程
- 电子技术课程设计

电子技术系列实验课程

- 三个层次
- 两个阶段
- 研究型实验

电子技术系列实验课程_三个层次

电子技术系列实验

基础型1/3

培养学生正确观察/分析实验现象
掌握基本实验方法
培养基本实验技能
不再过分强调验证基础理论

设计型2/3

与理论课相配合
基础型上进行的综合性实验训练
实验内容侧重综合应用所学知识
设计制作较为复杂的功能电路

研究型3/3

(电子技术课程设计)

电子技术系列实验课程_两个阶段

- 遵循循序渐进的原则
- 《电子技术实验》，48学时
 - 主要是培养学生基本实验能力，掌握基本实验方法，提高电路设计能力和实现能力，为从事更复杂的实验和科学研究打下基础
 - 实验内容主要配合模拟电路与数字电路理论课教学，进行基础型实验和设计型实验
- 《电子技术课程设计》，64学时
 - 主要是进行研究型实验，实验内容要涉及模拟电路、数字电路、传感器、计算机应用等多个学科
 - 教学强调系统性，交融性和综合性，以培养学生的系统概念、系统设计与实现能力，培养学生综合运用所学知识解决实际工程问题的能力

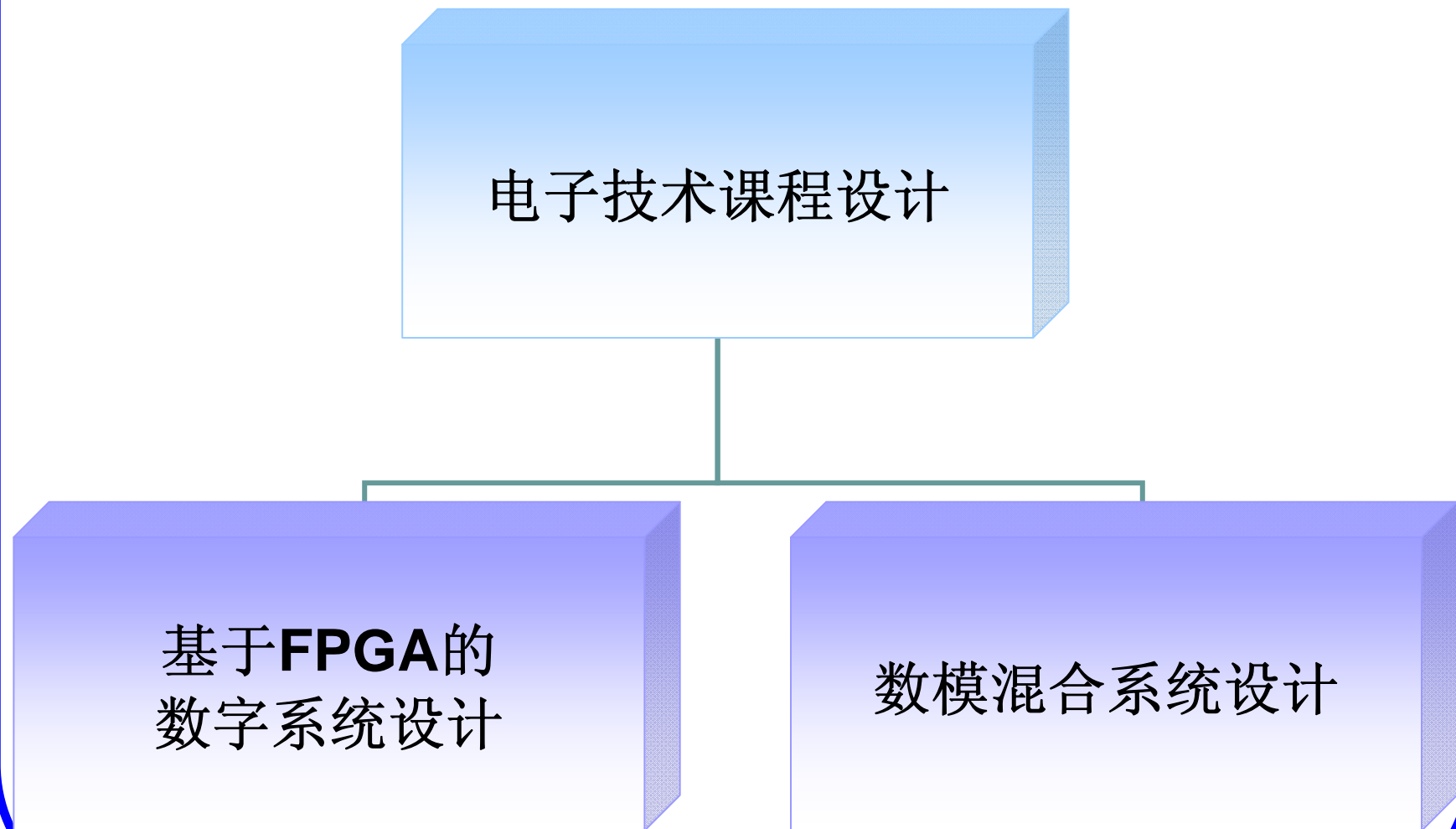
电子技术系列实验课程_研究型实验

- 不但要重视研究的结果，还要重视研究的过程、研究的方法和探索精神的培养；应允许反复，允许失败，允许重做
- 强调系统性、交融性及研究性，强调学生的自主研究与创新，将学习与研究有机地结合起来
- 通过在学习中研究，在研究中学习，培养学生的研究性思维、习惯和能力，提高从事科学研究和科学实验的素质
- 题目往往是从科学研究、生产实践和实验室建设等项目中提炼出来的，所用到的知识往往会涉及到多个学科或多门课程
- 实验者通过查阅资料、设计实施方案、设计电路、组织实验、撰写报告和交流答辩等过程，获取新的知识和经验，得到全面组织实验的锻炼
- 新的实验课程体系符合学生的认知规律，将传授知识、能力培养和素质教育有机地结合起来，有利于调动学生的积极性和创造性，受到比较系统、全面的实践训练，学生的软硬件综合系统设计和实现能力均可得到很大程度的提高

电子技术课程设计_课程概况

- 课程学时：64
- 课程学分：3学分
- 课程时间：2009年暑假小学期
- 授课对象：二年级升三年级电类本科生
- 《电子技术课程设计》是在《电子技术实验》的基础上进行的研究型实验，是信息科学技术学院各专业本科生的必修课
- 课程的教学目的
 - 培养学生的研究性思维、习惯和能力，提高从事科学研究和科学实验的素质
 - 研究型实验强调系统性、交融性及研究性，强调学生的自主研究与创新，将学习与研究有机地结合起来。通过在学习中研究，在研究中学习，培养学生的研究性思维、习惯和能力

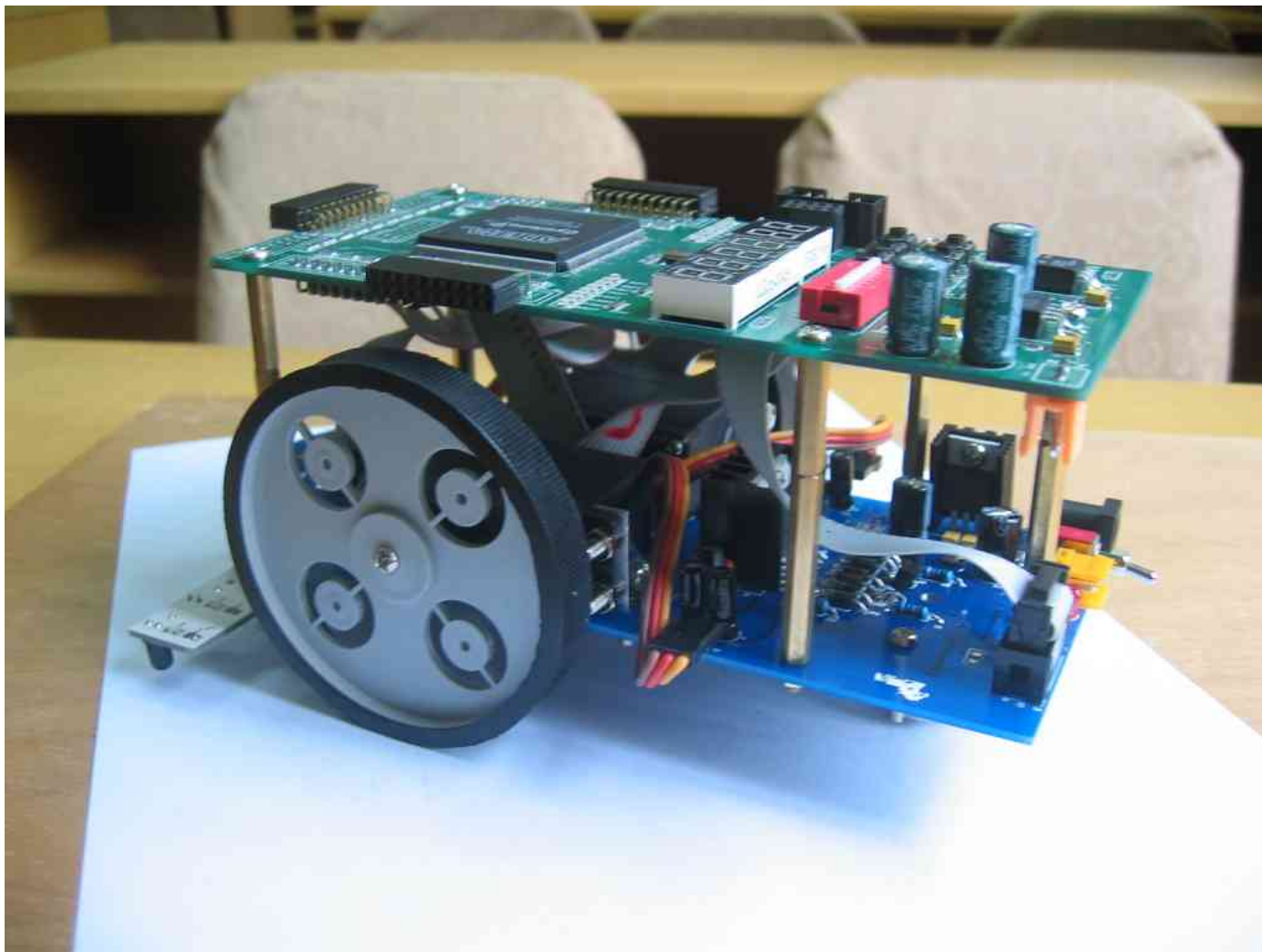
电子技术课程设计_教学内容_1



电子技术课程设计_教学内容_2

- “数模混合系统设计”（32学时）
 - 重点是电路设计与制作
 - 实验内容侧重综合应用所学知识，设计制作较为复杂的功能电路或小型电子系统
 - 一般是给出实验任务和设计的要求，通过电路方案设计、电路设计、电路安装调试和指标测试、撰写报告等过程，培养学生综合运用所学知识解决实际问题的能力，提高电路设计水平和实验技能，培养研究性思维和创新的能力
- “基于FPGA的数字系统设计”（32学时）
 - 基本内容是采用PFGA设计数字电路与系统，使学生掌握基于FPGA的采用HDL语言进行数字电路与系统的设计过程与方法，培养学生设计大规模数字电路与系统的能力

研究型实验_基于FPGA的小车实验



2009年10月

清华大学罗嵘于武汉年会

ALTERA联合实验室工作

- 8门课程（数电课程和电子技术课程设计），学生1500人/年
- 科研项目
 - 基于DE-2等FPGA开发板的实验教学装置
- ALTERA NIOS电子设计大赛
- 2009年6月26日至28日，清华大学信息科学技术学院《数字逻辑设计》发展与改革高级研修班
 - 来自国内23所高校的30位教师参加
 - 33%的与会老师认为收获很大，54%认为收获较大，13%认为收获一般，没有人认为收获不大

总结

- 要达到的目的是使学生掌握设计一个数字系统的能力
- 开设了《数字逻辑设计》课程，获得学生好评
- **EDA**工具的引入，让学生了解了现代数字系统设计的方法
- 研究型实验的引入，提高了学生的创新意识和动手能力
- 联合实验室提供的条件满足了学生自主设计的需求