



数字逻辑与数字电路

课程简介

湘

潭

大

学

计算机学院•网络空间安全学院

成洁



目录

1 混合的教学方法

2 开放的课程平台

3 特色的实训项目

4 贯通的实验教材

5 目标与成绩评定



课程简介

一、混合的教学方法

(一) 以实训平台为支撑，线上线下混合实践

线下实验内容：

三人表决电路实验
多路选择器、全加器实验
计数器、译码器实验
移位寄存器实验
序列信号发生器实验



线上实践内容：

组合逻辑电路设计（编码器、译码器、加法器、多路选择器、移位器等）
时序逻辑电路设计（计数器、寄存器、序列检测器等）

实验课：线下16学时=8个*2学时

线上不计学时，要求学生在实验前完成相应实训





课程简介

一、混合的教学方法

(二) 以教学为主，自学为辅

教学内容：



自学内容：

EDA(Electronic Design Automation)技术
EDA工具Vivado的使用
硬件描述语言Verilog HDL

赛灵思XILINX公司

理论课时数：48学时 = 12周*4学时

现场可编程门阵列FPGA

CPU设计与体系结构教学实验系统

龙芯公司





自学

Vivado HLx 版本快速入门视频教程

[产品](#) [技术支持](#) 

[Vivado 的最新信息](#) [下载视频](#)

[概述](#) [技术文档](#) [功能 / 购买](#) [入门](#) [视频](#)

Vivado HLx 版本快速入门视频教程

Vivado 快速入门视频将深入介绍 Vivado® HLx 版本，为您带来具有丰富主题的各种个性化视频，其中包括安装与许可、设计流程简介以及高层次综合等。Vivado 快速入门教程由 Vivado 开发及专家团队创建，可提供点播内容以及实用方法与技巧，只需动动手指头，就能轻松获取。

入门

观看以下视频，立即开启您的安装与设计。

 Vivado 2019.1 的最新信息 (英文版) 11:06 May 23, 2019	 Vivado 设计流程简介 (英文版) 10:09 Mar 29, 2013	 Vivado IDE 入门 (英文版) 12:59 Jan 08, 2016	 UltraFast Design Methodology for the Vivado Design Suite - Introduction and Overview 11:04 Oct 19, 2016
---	--	---	--



主要内容

- 第1章 数制与码制
- 第2章 逻辑代数基础
- 第3章 门电路
- ✓ 第4章 组合逻辑电路
- ✓ 第5章 半导体存储电路
- ✓ 第6章 时序逻辑电路
- ∞ 第7章 脉冲波形的产生和整形电路
- ∞ 第8章 数-模与模-数转换



学习本门课程应注意的问题

- (1) 应着重抓好基本理论、基本知识、基本方法的学习。
- (2) 能熟练运用基于现代**数字电路自动设计技术**的软硬件分析方法和设计方法(Verilog HDL设计与仿真)。
- (3) 重视**实验技术**，在全新的软硬件平台上强化数字技术基础知识的学习效果。



参考书

- 数字电子技术基础（第六版）
学习辅导与习题解答
- 出版社：高等教育出版社；第6版（2016年4月1日）
- ISBN: 9787040447347





参考书

出版社: 科学出版社; 第2版
(2014年8月1日)

外文书名: [Fundamentals of Digital Electronics](#)

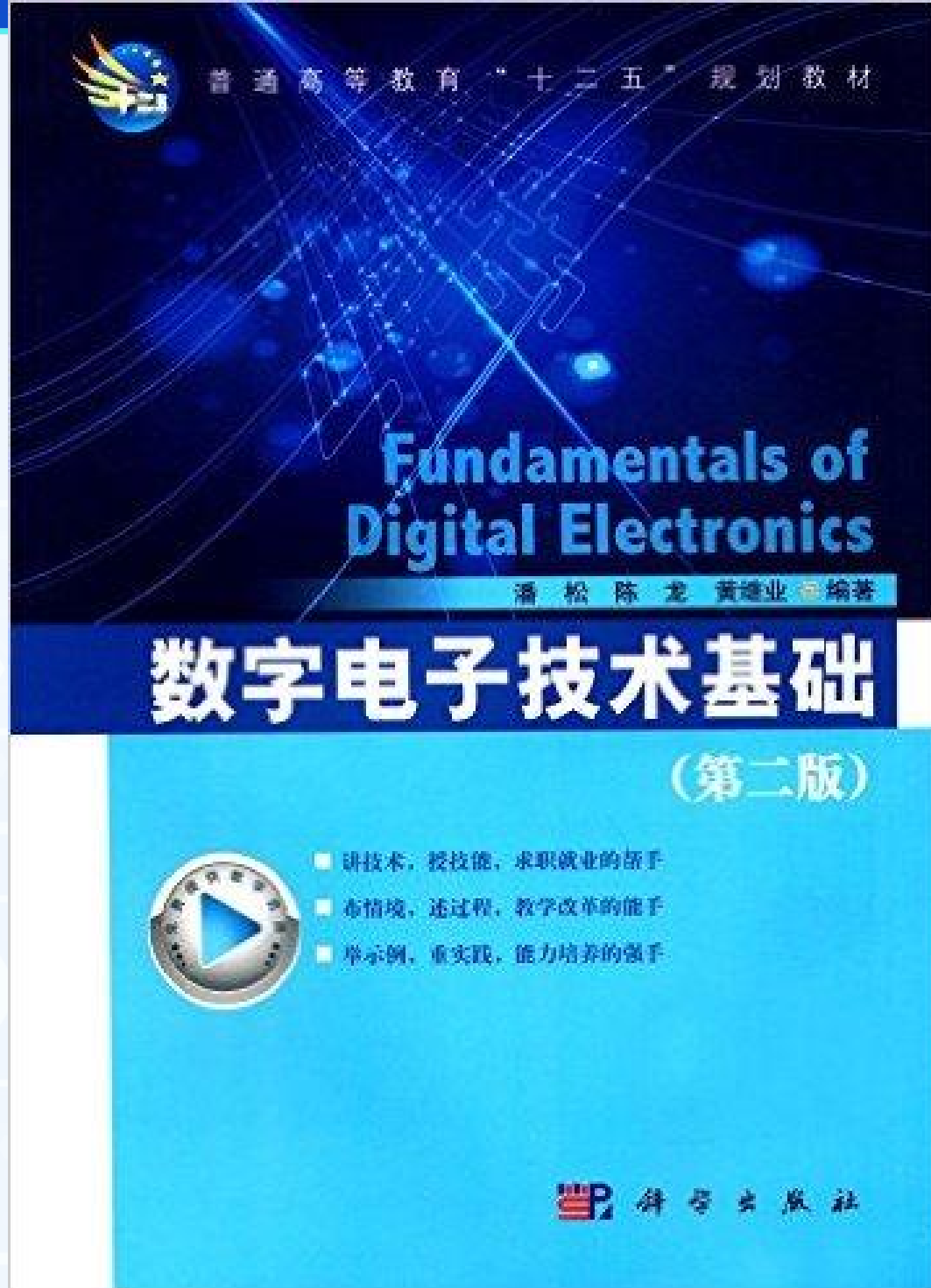
丛书名: [普通高等教育“十二五”规划教材](#)

平装: 310页

语种: 简体中文

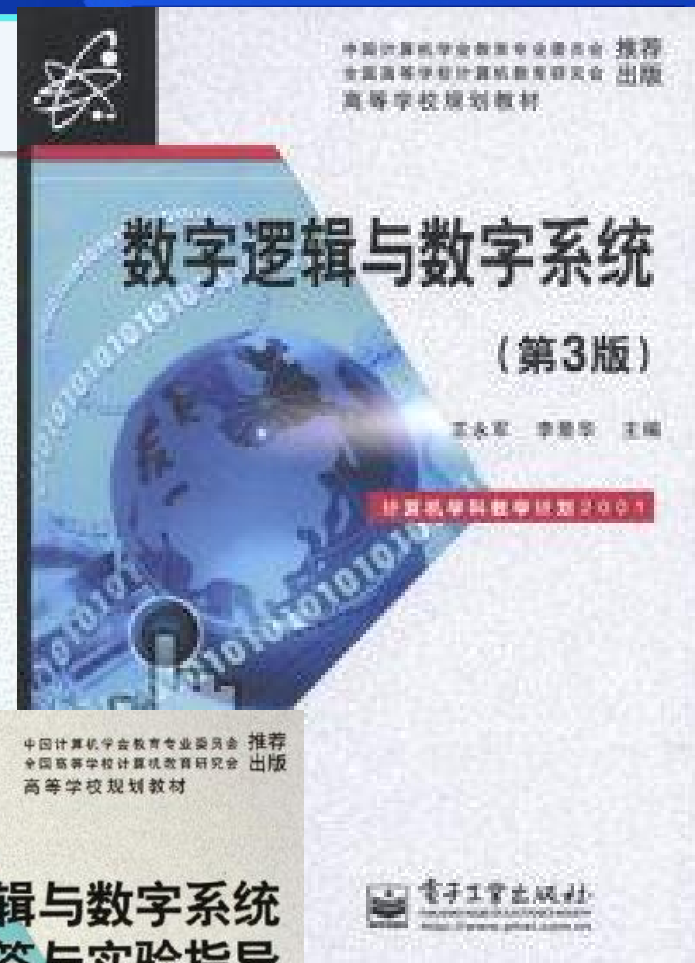
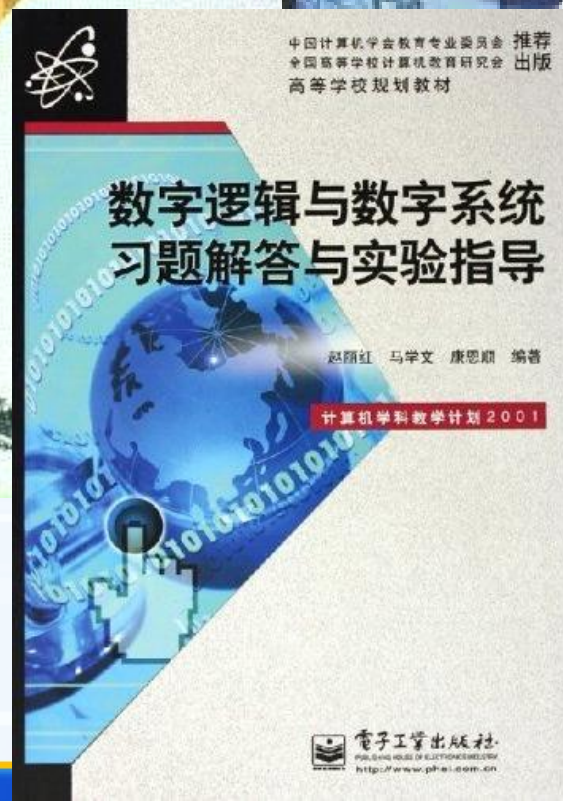
开本: 16

ISBN: 9787030416391





参考书





课程简介

二、开放的课程平台

(一) 课程中心平台

数字逻辑与数字电路2023
年春季学期

<http://mooc1.xtu.edu.cn/course/232839932.html>



- 线上课程内容包括：课程简介、教学日历、教学课件、教学视频、习题解答、实验指导、试题库、计算机系统能力竞赛及网络资源链接等，
- 可以自由浏览、自主学习和自我测试。



课程简介

二、开放的课程平台

(二) 头歌EduCoder实训平台



《数字逻辑与数字电路2023春季班级》

请复制邀请码，在下方的链接中，点击“加入课堂”按钮，在弹窗中输入邀请码和选择身份后，加入该教学课堂

链接： <https://www.educoder.net/classrooms/GYC2SLQL/attachment>

邀请码：

计1班 A5GLF3

计2班 PR5N6V

计3班 NJ5ZTH

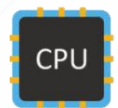
计4班 TULR6K



课程简介

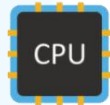
三、特色的实训项目

实践教学定位



硬件课程贯通实践方案---从逻辑门到CPU

- 数字逻辑
- 计算机组成与体系结构



课程实践特色

- 无需硬件即可实验
- 用硬件描述语言进行设计
- 实训平台简单易学，无需先导课程
- 原创性、挑战度、趣味性

课程章节		排行榜
全部 10 实验项目 10 讨论 73		
硬件设计入门——Verilog HDL		●●●
用Verilog HDL设计简单的组合逻辑电路		
1.1 Verilog初体验	实验数 4	
1.2 组合逻辑电路设计——Verilog HDL	实验数 2	
寄存器设计——Verilog HDL		●●●
设计一个32位寄存器		
2.1 时序电路的设计	实验数 1	
2.2 寄存器的设计	实验数 1	
硬件设计进阶——Verilog HDL		●●●
用Verilog HDL设计译码器、多路选择器、移位器。		
3.1 常用的组合电路及其设计	实验数 3	
乘法器设计——Verilog HDL		●●●
用Verilog HDL设计乘法器		
4.1 带符号数乘法器设计	实验数 1	
算术逻辑运算器设计——Verilog HDL		●●●
用Verilog HDL设计算术逻辑运算器		
5.1 算术逻辑运算器的实现	实验数 1	

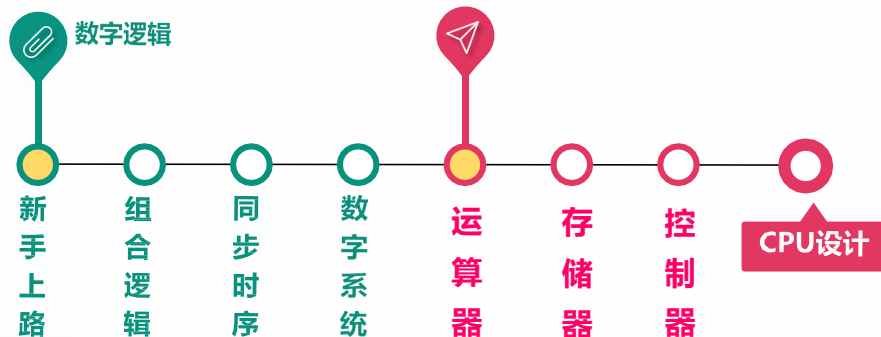


课程简介

三、特色的实训项目



课程实训内容



数字逻辑与数字电路实训-用Verilog HDL玩转数字系统设计

<https://www.educoder.net/paths/a4xqkf7z>

首页 实践课程 教学课堂 项目托管 竞赛组织 编程刷题 交流问答

数字逻辑与数字电路实训-用Verilog HDL玩转数字系统设计

章节	单元	实践关卡	经验值	MOOC和SPOC累计选课人数	评分
4	8	19	4800	11260	★★★★★

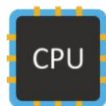


课程简介

三、特色的实训项目



课程实训视频



Verilog初体验

全加器

Verilog HDL入门到精通 x Verilog初体验 x

安全 | <https://www.educoder.net/tasks/e5pctmw869qz>

应用 网址大全 百度 EduCoder 首页 | Verwandlung C语言开发环境 湘潭大学C语言作业

Verilog初体验 00:01:32 退出实训

代码文件 已保存

```
1 module fa_behavioral(a,b,ci,s,co); //考虑进位的加法器模块
2     input a,b;
3     input ci;
4     output s;
5     output co;
6     // 请在下面添加代码，完成一位全加器功能
7     /* Begin */
8     assign {co,s}=a+b+ci;
9     /* End */
10
11 endmodule
12
```

测试结果

1/1 全部通过

测试集 1

过关任务 参考答案 评论 5

第1关：全加器设计

相关知识

赋值语句 assign

1. 用“assign”持续赋值语句进行逻辑功能的定义
“assign”语句一般用于组合逻辑的赋值，称为持续赋值方式。是一种基于逻辑表达式的逻辑功能描述方式。
例如：assign F=~((A&B)|(C&D));

2. Verilog HDL使用{}来合并两个数据，这种合并数据的方法叫做拼接。
例如：如果C=1,B=0,A=1,则{C,B,A}=3'b101。3'b101是Verilog的二进制数表示法，其中的3表示此数有3位，'b表示右侧的数据是二进制数。
例如：a=1'b1, b=2'b00, c=6'b101001, 则：{a,b}产生一个3位数3'b100；{c[5:3],a}产生一个4位数4'b1011

编程要求

8:28 / 20:16

本次最大执行时间：120秒 | 本次评测耗时编译：运行总时间：0.383秒



课程简介

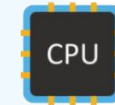
四、贯通的实验教材

实验教学定位



硬件课程贯通实验方案---从逻辑门到CPU

- 数字逻辑与数字电路
- 计算机组成与体系结构



实验教材特色

- 实验教程规范指导
- 实验视频详细示范
- VIVADO进行设计
- 龙芯实验箱来实现



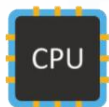


课程简介

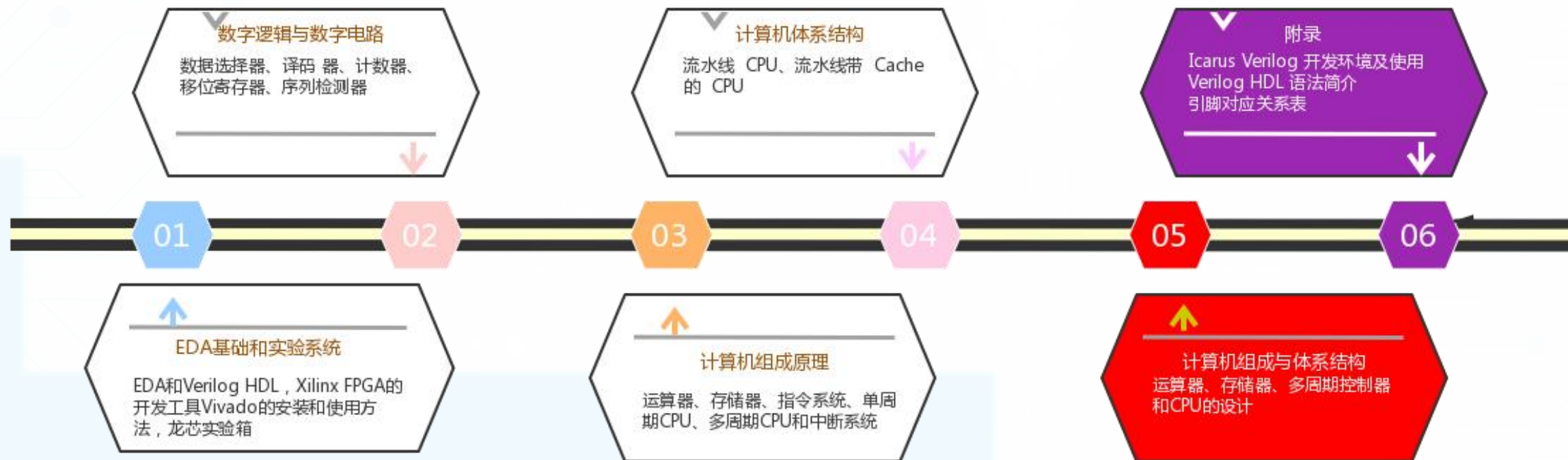
四、贯通的实验教材



实验教材内容



贯穿计算机硬件系列课程，全面培养计算机系统能力





课程简介

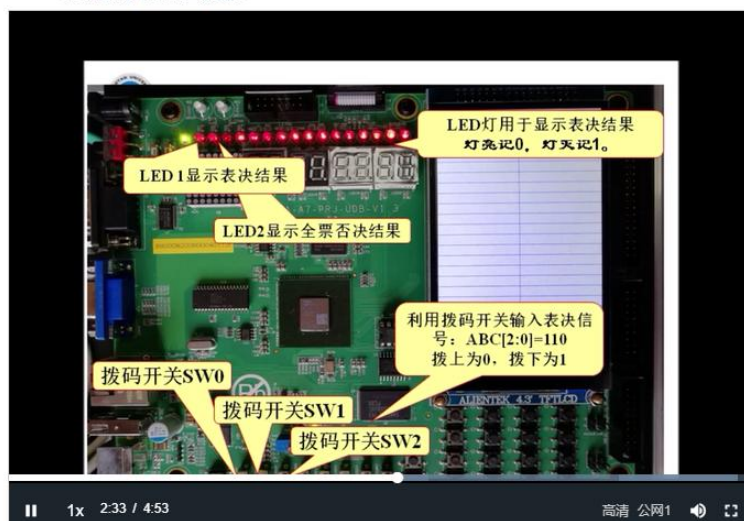
四、贯通的实验教材



实验教学视频

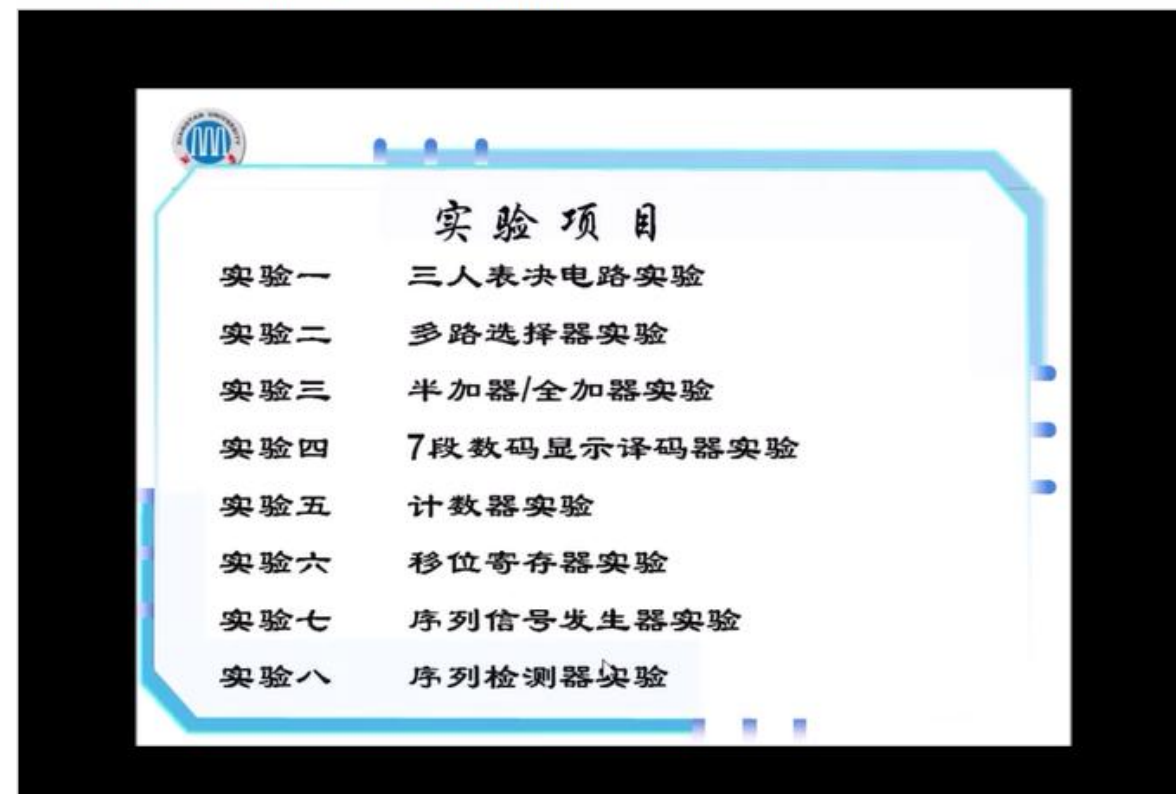


3.实验操作和报告提交



教学视频

1.三人表决电路-实验方案和代码设计





课程简介

五、目标与成绩评定

1. 课程目标

- 能够运用逻辑代数、HDL程序设计和数字电路知识表达数字系统工程问题。（支撑毕业要求1.2）
- 能够**利用EDA工具设计数字模块**，并针对数字逻辑电路的特性，选择FPGA器件和实施方案，设计实验方案，**具备数字系统的分析和设计能力**。（支撑毕业要求2.2）
- 能够选用软件环境、开发工具和实验设备，将功能仿真后的程序下载到实验设备上，进行操作，排除错误，**获取实验数据**，具备分析判断逻辑电路设计是否正确的能力。（支撑毕业要求5.1）



课程与能力培养中的对应关系

- ∞ 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业
知识用于解决计算机科学与技术及相关领域的复杂工
程问题；
- ∞ 问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基
本原理，对计算机领域的复杂工程问题进行识别和表
达，并能通过文献资料对复杂工程问题进行分析研究，
找到解决问题的有效方法；
- ∞ 使用现代工具：能够针对计算机工程问题，开发、选
择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技
术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够
理解其局限性。



具体对应能力指标点如下：

- ∞ 1、能力1.2：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知 识，用于具体计算机科学与技术领域复杂工程问题建模与求解。
- ∞ 2、能力2.2：能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理，借助文献研究，搜索、发现多种可选的解决方案。
- ∞ 3、能力5.1：掌握计算机系统设计 and 开发的主流技术、工具的安装、部署、配置、使用和维护，在工程实践中能正确应用相关技术工具和资源。



课程简介

五、目标与成绩评定

2. 考核方式

考试，期末进行书面闭卷考试。

平时作业、实训和实验分别进行考核。

3. 成绩评定

期评成绩 = 实验成绩* 25 % + 作业成绩* 15%
+ 实训成绩* 10%+ 考试成绩* 50 %



《数字逻辑与数字电路》课程2023年上学期课前 调查问卷

<https://www.wenjuan.com/s/UzErMvE/>

快来参与吧。





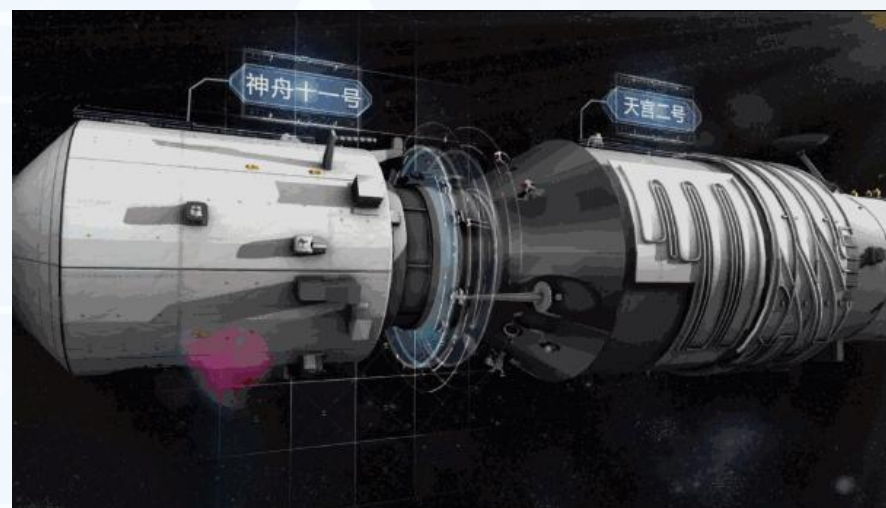
绪论

1、什么是电子技术？

- 研究**电子器件**及其**应用的**科学技术。



2、电子技术的应用





3、电子技术的发展历程

- 分立元件阶段（1904~1957）
 - 真空电子管、晶体管



第一代电子产品以**电子管**（**1904**年问世）为核心，体积大，能效低，可靠性低，寿命短。

第一台电子计算机（ENIAC）

5000次加法/秒

体重28吨

占地170m²

18800只电子管

1500个继电器

功率150KW





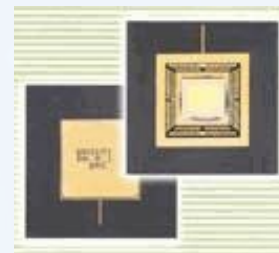
1947年，沃尔特·布兰坦（Walter Brattain），
约翰·巴丁（John Bardeen）和威廉·肖克利
（Willian Shochley）发明了**晶体管**。

- 三人因发现晶体管效应共同获得1956年诺贝尔物理学奖
- 巴丁是唯一的一个两次获得诺贝尔物理学奖的科学家。



电子技术的发展历程

- 集成电路阶段 (1958 ~)
 - SSI、MSI、LSI、VLSI、ULSI



五十年代末期，世界上出现了第一块**半导体集成电路**（**1958年**，杰克.科尔比Jack Kilby发明），它把许多晶体管等电子元件集成在一块硅芯片上，使电子产品向更小型化发展。随着微电子技术的不断进步，集成电路从小规模集成电路迅速发展到大规模集成电路和超大规模集成电路，从而使电子产品向着高效能低消耗、高精度、高稳定、智能化的方向发展。

摩尔定律：集成电路中晶体管数目以每年翻一番的速度增长。
（1965，戈登.摩尔）

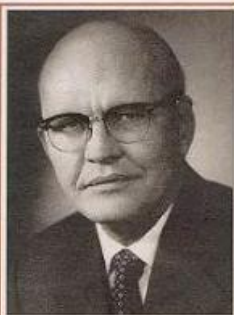
Kilby Wins the Nobel

Integrated circuit inventor honored 40 years later



BY HEIDI ELLIOTT

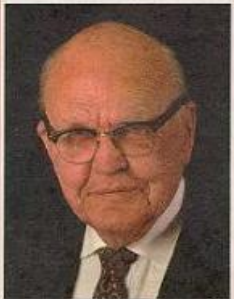
Inventor, Patent holder, Distinguished professor. And, now, Jack Kilby can add Nobel Laureate to the list of his accomplishments.



Kilby in 1958, the year he invented the world's first integrated circuit while working at Texas Instruments.

"I was very pleased. It's a real honor. Most impressive."

Jack Kilby,
Nobel Prize winner for the
invention of the integrated circuit



While working at Texas Instruments, Kilby invented the integrated circuit in 1958, and he was a co-inventor of the electronic handheld calculator in 1967. He is the recipient of two of the nation's most prestigious honors in science and engineering—the National Medal of Science and a member of the National Inventors Hall of Fame.

Last week the Royal Swedish Academy of Sciences announced that Kilby would share half of this year's Nobel Prize in Physics for his part in the invention of the integrated circuit.

Kilby shares the prize, worth nearly \$1 million, with Zhores I. Alferov of the A.F. Ioffe Physico-Technical Institute, St. Petersburg, Russia, and Herbert Kroemer of the University of California at Santa Barbara, Calif., who were cited for developing semiconductor heterostructures used in high-speed and opto-electronics.

"Jack S. Kilby is being rewarded for his part in the invention and development of the integrated circuit, the chip. Through this invention microelectronics has grown to become the basis of all modern technology," said the Royal Swedish Academy of Sciences in announcing the Nobel prizes in Physics.

"Examples are powerful computers and processors, which collect and process data and control everything from washing machines and cars to space probes and medical diagnostic equipment such as computer tomographs and magnetic-resonance cameras. The microchip has also led to our environment being flooded with small electronic apparatuses, anything from electronic watches and television games to minicalculators and personal computers."

Born in 1923, Kilby joined Texas Instruments Inc. in 1958 as an engineer, having earned a bachelor's degree in electrical engineering from the University of Illinois and a master's degree in electrical engineering from the University of Wisconsin. On Sept. 12, 1958, he successfully demonstrated the first electronic circuit that included both active and passive components on a piece of semi conductive material that was half the size of a paper clip. Reached by telephone last week, Kilby said he first learned of the award when a European journalist called him early in the week.

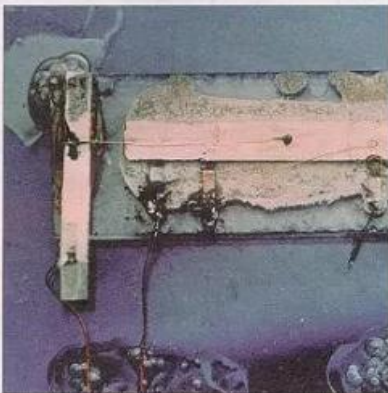
The 77-year-old said he was surprised to receive the Nobel Prize. "I was very pleased. It's a real honor. Most impressive," Kilby said.

Asked if he considered at the time whether one day his invention might bring him a Nobel Prize, Kilby said, "I certainly did not. It's been a surprise all the way along."

After the IC breakthrough, Kilby went on to head development teams that built military systems and computers that incorporated ICs. While at TI, he is also credited as the co-inventor of the handheld calculator and thermal printer. He later became a Distinguished Professor of Electrical Engineering at Texas A&M University. He holds more than 60 patents and TI's research center is named after him.

Among his other awards, Kilby received the National Medal of Science in 1970 and was inducted into the National Inventors Hall of Fame in 1982. He retired in 1983, but still does consulting work.

And even after learning of the award, Kilby still had no idea how he came to be nominated. "I have no idea how the nomination process works," he said. "I don't know how the process works or even if 40 years (after an invention) is all that unusual."



Jack Kilby invented the integrated circuit at Texas Instruments in 1958. Transistor and other components on a slice of germanium, Kilby's invention revolutionized the electronics industry. The roots of all devices today can be traced back to Dallas more than 40 years ago.



The working heart of the first miniature calculator, invented at Texas Inc. was an integrated semiconductor circuit array that contained all the performing addition, subtraction, multiplication, and division.



The electronic handheld calculator was invented at Texas Instruments. It was the first handheld calculator to have the high degree of computational power found in considerably larger machines.



2000年，基尔比由于发明集成电路荣获诺贝尔物理学奖



时 期	规 模	集成度 (晶体管数)
50年代末	小规模集成电路 (SSI)	100
60年代	中规模集成电路 (MSI)	1000
70年代	大规模集成电路 (LSI)	>1000
70年代末	超大规模集成电路 (VLSI)	10000
80年代	特大规模集成电路 (ULSI)	>100000

今天可以将上**亿**个晶体管集成在一片邮票大小的硅片上。目前主流的CPU制程已经达到了**7-14纳米**。更高的制程甚至已经达到了**5nm或更高**。

第 13 代英特尔® 酷睿™ i9 处理器 (24核32线程) 以及三星 Exynos 9810处理器均采用10nm制造工艺。



2020年10月22日，华为在HUAWEI Mate 40系列全球线上发布会上发布麒麟9000芯片



- 制程工艺：5 nm
- 集成度：153亿个晶体管
- CPU核数：八核
- [CPU架构](#)：一个3.13GHz A77大核心、三个2.54GHz A77中核心、四个2.04GHz A55小核心
- GPU架构：24核 Mali-G78
- NPU：双大核 NPU + 微核 NPU (神经网络处理单元)

[2018年国内外集成电路行业规模、市场格局现状及发展趋势分析](#)

[2020年中国集成电路行业分析报告-市场现状调查与发展规划趋势](#)



4、电子电路的分类

模拟信号

量的变化在时间或数值上是连续的信号；

例：正弦波信号、锯齿波信号等。

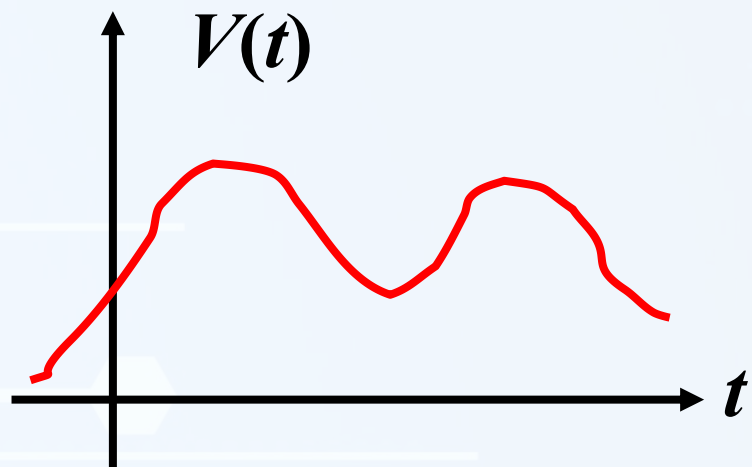
数字信号

量的变化在时间和数值上都是离散的信号。

例：产品数量的统计、数字表盘的读数等。

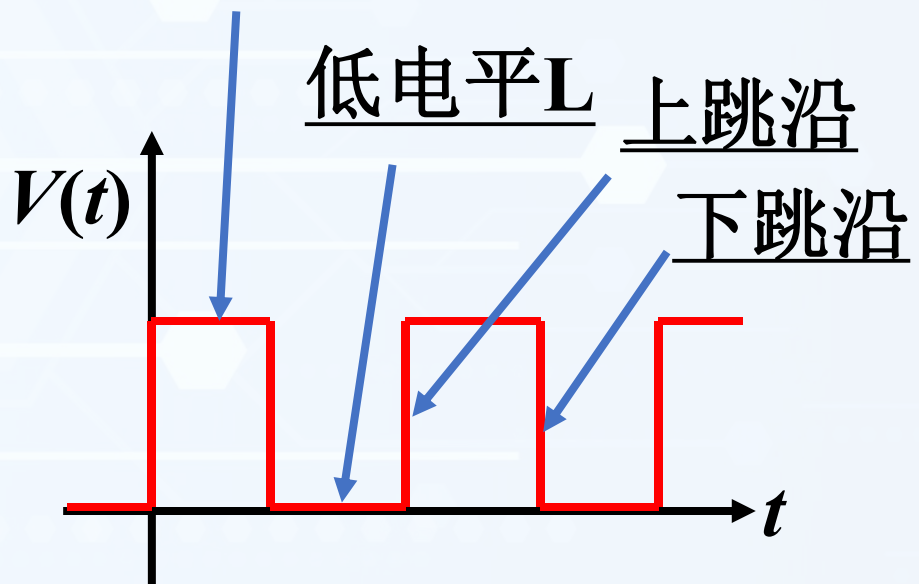


模拟信号



高电平H

数字信号





电子电路的分类

电子电路

模拟电路

用以传递、加工和处理模拟信号的电路叫模拟电路；

输入输出信号都是模拟信号。

数字电路

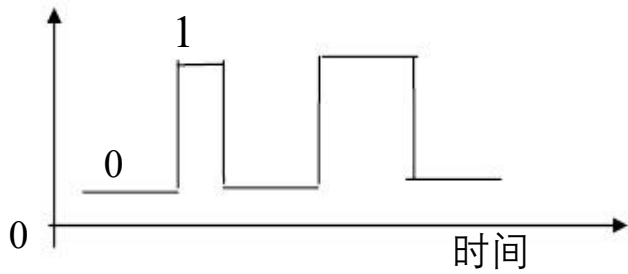

用以传递、加工和处理数字信号的电路叫数字电路；

输入输出信号都是数字信号。



数字电路与模拟电路的区别

表1 数字电路与模拟电路的主要区别

电路类型	数字电路	模拟电路
研究内容	输入信号与输出信号间的逻辑关系	如何不失真地进行信号的处理
信号的特征	<div><p>数值</p><p>时间</p><p>时间上离散，但在数值上是单位量的整数倍</p></div>	<div><p>数值</p><p>时间</p><p>在时间上和数值上是连续变化的电信号</p></div>
分析方法	逻辑代数	图解法，等效电路，分析计算



数字电路的特点

1.电路的特点

在**模拟电路**中，晶体管一般工作在线性放大区；在**数字电路**中，晶体管工作在开关状态，即工作在饱和区和截止区。

2.数字电路的基本电路元件：

- 逻辑门电路
- 触发器

3.基本数字电路

- 组合逻辑电路
- 时序逻辑电路（寄存器、计数器、脉冲发生器、脉冲整形电路）
- A/D转换器、D/A转换器



电源

“模拟电路是基础的基础，几乎任何一个电子设备都有模拟电子器件。”

硬件+软件,实现
复杂的信号处理

“模拟是根本，数字是手段。”

“数字电路是发展趋势，其应用越来越广泛。”



5、数字系统设计方法

传统——自底向上，专用功能模块（MSI）

成本高，设计周期长；

现代——自顶向下，可编程逻辑器件（PLD）

EDA技术。

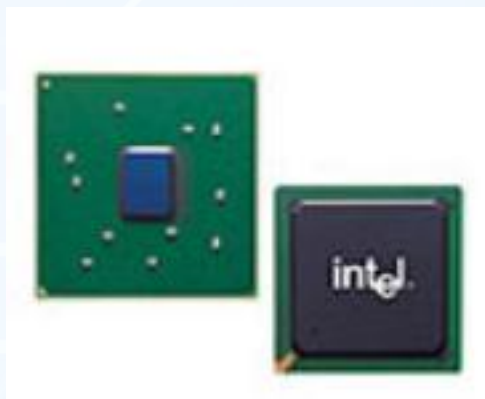
PLD+
硬件描述语言+
软件平台

成本低，设计周期短。

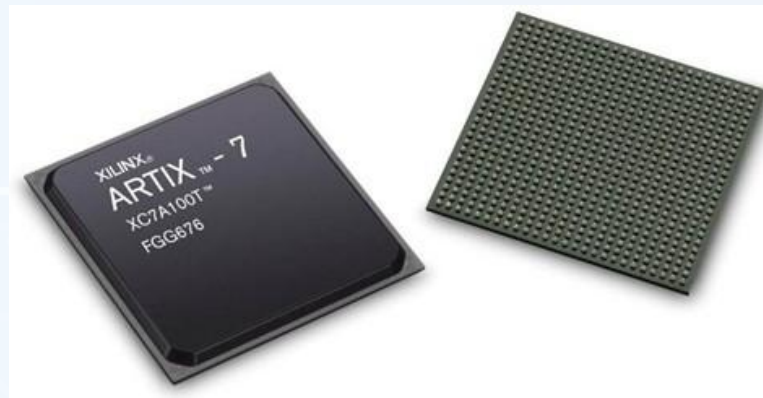
EDA软件是芯片“卡脖子”的关键



目前最具有代表性的数字集成电路芯片主要包括
以下几类，它们构成了**现代数字系统**的基石。



微控制芯片 (MCU)



可编程逻辑器件 (PLD)

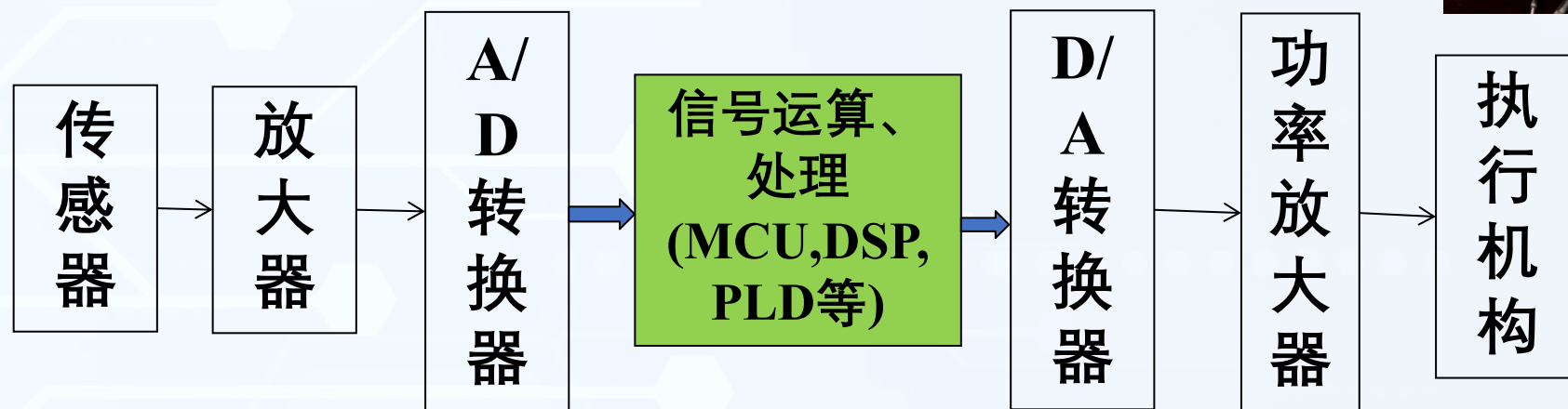


数字信号处理器 (DSP)



大规模存储芯片 (RAM/ROM)

举例：测控系统



什么是测控系统？

测控系统像放风筝的人，
为火星探测器保驾护航

测控系统究竟测什么？
如何控制？

The future is like the star sea,
we should march forward courageously

未来犹如 星辰大海
我们应当勇往直前

