

2022年 秋季学期

国家级精品课
国家级一流课程
清华大学标杆课

数字电子技术基础

欢迎大家
合作愉快

线上同学（因疫情不能进教室）
请进入 荷塘雨课堂

王红，中主楼705，62792973
wang_hong@tsinghua.edu.cn

清华大学

1

2022年 秋季学期

《数字电子技术基础》教学大纲（课程48学时）

电子技术实验

48学时，
24次理论课

教学组成员的联系方式

总成绩=

- 实验 平时作业（DDL，陆续发布） ——（10%）
- 期中考试（随堂，11月2日） ——（30%~20%）
- 期末考试（考试周） ——（60%~70%）

wang_hong@tsinghua.edu.cn

清华大学

2

2022年 秋季学期

数字电子技术基础

绪论

MIT, EECS, 6.004
Berkeley, EE, CS 151

课程在培养方案中的位置
课程的任务

一、培养目标
具备在自动化专业取得职业成功的科学和技术素养；具有批判性思维、创新精神和实践能力，善于沟通和协作；有志趣且有能力成功地进行本专业或其他领域的终生学习；有社会责任感和国际胜任力，成为领军人才。

二、培养要求

- 运用数学、科学和工程知识的能力。
- 设计和实施实验及分析和解释数据的能力。
- 考虑经济、环境、社会、政治、道德、健康、安全、易于加工、可持续性等相关约束条件下，设计自动化系统、设备或工艺的能力。
- 在团队中从不同学科角度发挥作用的能力。
- 发现、提出和解决自动化工程问题的能力。
- 对自动化专业的职业责任和职业道德的理解。
- 有效沟通的能力。
- 具备足够的知识面，能够在全球化、经济、环境的和社会背景下认识自动化工程解决方案的效果。
- 认识到需要终生学习以及具有终生学习的能力。
- 具备从自动化专业角度理解当代社会和科技热点问题的知识。
- 综合运用技术、技能和现代工程工具进行自动化工程实践的能力。

wang_hong@tsinghua.edu.cn

清华大学

3

2022年 秋季学期

电子技术的发展

推动计算机技术的发展——无处不在，应用广泛

- 广播通信：发射机、接收机、程控交换机、电话、手机
- 网络：路由器、ATM交换机、收发器、调制解调器
- 工业：能源、钢铁、石油化工、机加工
- 交通：飞机、火车、轮船、汽车等的控制
- 军事：雷达、电子导航
- 航空航天：卫星定位、监测
- 医学：γ刀、CT、B超、微创手术
- 消费类电子：家电、玩具、各类报警器、保安系统

wang_hong@tsinghua.edu.cn

清华大学

4

2022年 秋季学期

Electronics all around us




Consumer Products



Communications Infrastructure



Automotive



Aerospace and Military



Toys



wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

5

2022年 秋季学期

And plenty more.....




wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

6

2022年 秋季学期

电路原理

入门性质的技术基础课

模拟电子技术基础

电子技术基础实验

数字电子技术基础

电子技术课程设计，计算机原理与组成

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

7

2022年 秋季学期

- 课程目的: **掌握基本概念、基本设计和分析的方法、以及基本实验技能**; 具有能够继续深入学习和接受电子技术新发展的能力, 以及将所学知识用于本专业的能力。
- 学习方法: **入门阶段以听课为线索, 强调实践环节**; 建立工程的概念、系统的概念、科学进步的概念和实践的概念。

注意定性分析和近似分析的重要性
学会辩证、全面地分析电子电路中的问题 —— 打破**唯一性**

- 根据需求, 最适用的电路才是最好的电路。
- 要研究利弊关系, 通常“有一利必有一弊”。

注意电路中常用定理在电子电路中的应用, **电子电路归根结底是电路。**

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

8

2022年 秋季学期

课程的特点

1. 工程性
 - 实际工程需要证明其可行性。强调定性分析。
 - 实际工程在满足基本性能指标的前提下总是容许存在一定的误差范围的。定量分析为“估算”。
 - 近似分析要“合理”。抓主要矛盾和矛盾的主要方面。
 - 电子电路归根结底是电路。不同条件下构造不同模型。
2. 实践性
 - EDA软件的应用方法
 - 常用电子仪器的使用方法
 - 电子电路的测试方法
 - 故障的判断与排除方法

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

9

2022年 秋季学期

电路原理

数字电子技术基础
模拟电子技术基础

电子技术基础实验

电子技术课程设计

计算机原理及应用

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

10

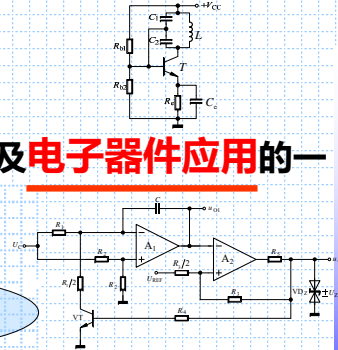
2022年 秋季学期

什么是电子技术

是研究**电子器件及电子器件应用**的一门学科

通过控制器件中**电子**的运动而进行工作

电子技术的发展很大程度上反映在元器件的发展上



wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

11

2022年 秋季学期

电子管 → 半导体管 → 集成电路



1904年 电子管问世

1947年 晶体管诞生

1958年 集成电路研制成功

电子管、晶体管、集成电路比较

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

12

2022年 秋季学期

半导体管→ 小规模、中规模、大规模集成电路

- 47年 贝尔实验室制成第一只晶体管
- 58年 集成电路 (4-12-100-1000)
- 69年 大规模集成电路 (10万)
- 75年 超大规模集成电路(15万)
- ...

第一片集成电路只有4个晶体管，而1997年一片集成电路中有40亿个晶体管。

立足基础，放眼未来

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

13

2022年 秋季学期





第一只晶体管的发明者
(by John Bardeen, William Shockley and Walter Brattain in Bell Lab)

他们在1947年11月底发明了晶体管，12月16日正式宣布“晶体管”诞生，1956年因此获得诺贝尔物理学奖。巴丁所做的超导研究于1972年第二次获得诺贝尔物理学奖。



第一个集成电路及其发明者
(Jack Kilby from TI)

1958年9月12日，在德州仪器公司的实验室里，实现了把电子器件集成在一块半导体材料上的构想。42年以后，2000年获诺贝尔物理学奖。“为现代信息技术奠定了基础”。



wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

14

2022年 秋季学期

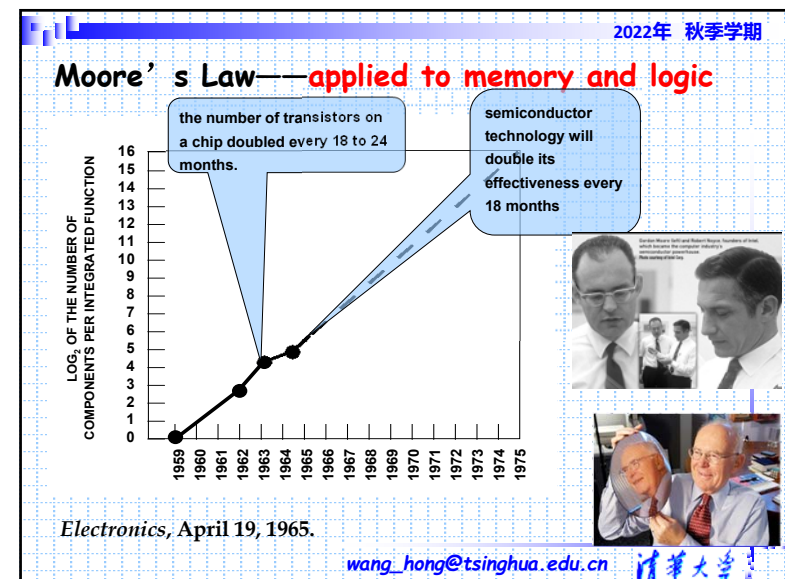
半导体管→ 小规模、中规模、大规模集成电路

- 47年 贝尔实验室制成第一只晶体管
- 58年 集成电路 (4-12-100-1000)
- 69年 大规模集成电路 (10万)
- 75年 超大规模集成电路(15万)
- ...

SSI MSI LSI VLSI ULSI GLSI
第一片集成电路只有4个晶体管，而97年一片集成电路上有40亿个晶体管。集成度按10倍/6年的速度。。。。。

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学


15



16

2022年 秋季学期

Dennard Scaling



IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. SC-9, NO. 5, OCTOBER 1974

Design of Ion-Implanted MOSFET's with
Very Small Physical Dimensions

ROBERT H. DENNARD, MEMBER, IEEE, FRITZ H. GAENSSELEN, HWA-NHEN YU, MEMBER, IEEE, Y. LEO
RIDGOUT, MEMBER, IEEE, EKENOBU O. OGUNGO

TABLE I

Device or Circuit Parameter	Scaling Factor
Device dimension t_{ox}, L, W	$1/\kappa$
Doping concentration N_d	κ
Voltage V	$1/\kappa$
Current I	$1/\kappa$
Capacitance C	$1/\kappa$
Delay time/circuit YC/I	$1/\kappa$
Power dissipation/circuit VI	$1/\kappa^2$
Power density VI/A	1

If we scale the gate length by a factor κ , how should we scale other aspects of transistor to get the "best" results?, 1974

晶体管尺寸缩小了30% (0.7倍), 掺杂浓度提高1.4倍 (1/0.7), 面积A减少50%;

电路延迟减少了30% (0.7倍) ----- 工作频率提高约40% (1.4倍)

电压降低了30%, 能量降低了65%, 功率降低了50%

在每一代技术中, 晶体管密度增加一倍, 电路速度提高40%, 功耗保持不变

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

21

2022年 秋季学期

电子技术的发展

Electronic Design Automation

- 47年 贝尔实验室制成第一只晶体管
- 58年 集成电路 (4-12-100-1000)
- 69年 大规模集成电路 (10万)
- 75年 超大规模集成电路 (15万)
- ...

EDA技术

SSI MSI LSI VLSI ULSI GLSI

第一片集成电路只有4个晶体管, 而97年一片集成电路上有40亿个晶体管。预测集成度按10倍/6年的速度----

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

22

2022年 秋季学期


电路原理

处理信息, 能量转换

电子电路

电子技术基础

电子器件应用



电子技术课程设计

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

23

2022年 秋季学期

典型电子电路系统的组成

传感器接收器

隔离、滤波、放大

运算、转换、比较

功放

执行机构

信号的提取

信号的预处理

信号的加工

信号的驱动与执行

模拟电子电路

A/D转换

计算机或其它数字系统

D/A转换

模拟-数字混合电子电路

数字电子电路

wang_hong@tsinghua.edu.cn 清华大学

24

