模拟与数字电路

Analog and Digital Circuits

课程主页 扫一扫

第 一 讲： **绪论、模拟与数字信号/系统**

Lecture 1: **Course Introduction**

主 讲： 陈 迟 晓

Instructor : Chixiao Chen

提纲

- 课程导论
- 模拟与数字信号
- 模拟信号/数字信号的转换

课程目标与主讲人简介

- 面向智能科学与技术专业智能系统和芯片方向
- 旨在使学生掌握模拟电路、数字电路、数模混合信号电路的基本概念、基础理论和分析方法
- 重点培养学生在同时具有模拟与数字电路的智能感知系统、计算系统和SoC中分析问题的能力，为后续课程，打下坚实。

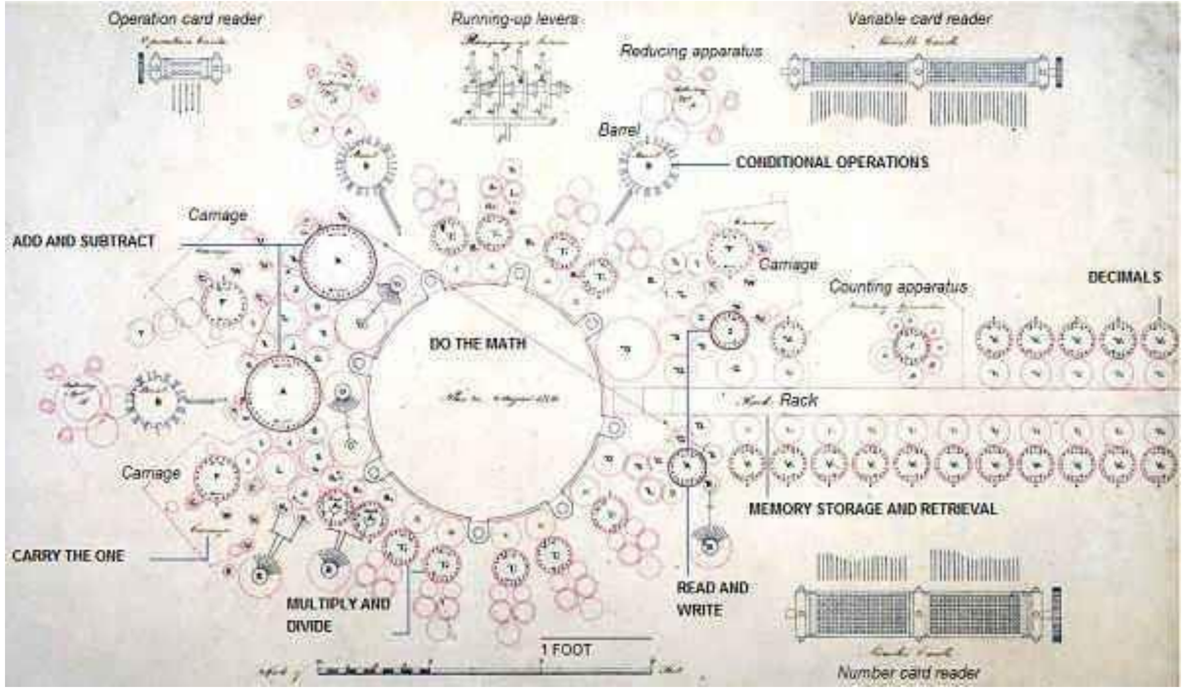
陈迟晓

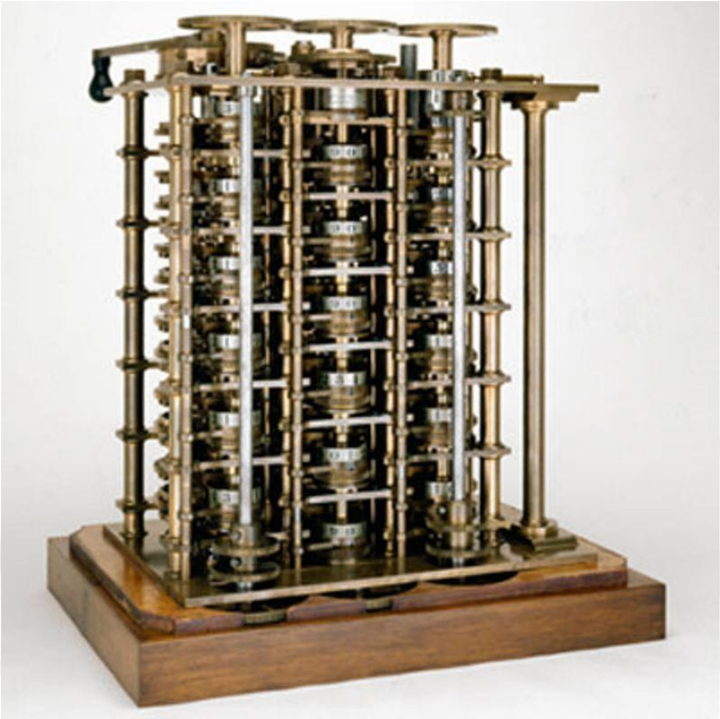
- ➢复旦大学 微电子与固体电子学博士
- ➢华盛顿大学 电子工程系博士后
- ➢复旦大学 工研院 青年副研究员/硕导

研究领域：集成电路设计、人工智能芯片、
数模混合信号电路设计、
专用计算机体系结构

前 电子时代

- The Babbage Difference Engine
  - 1820 by Charles Babbage





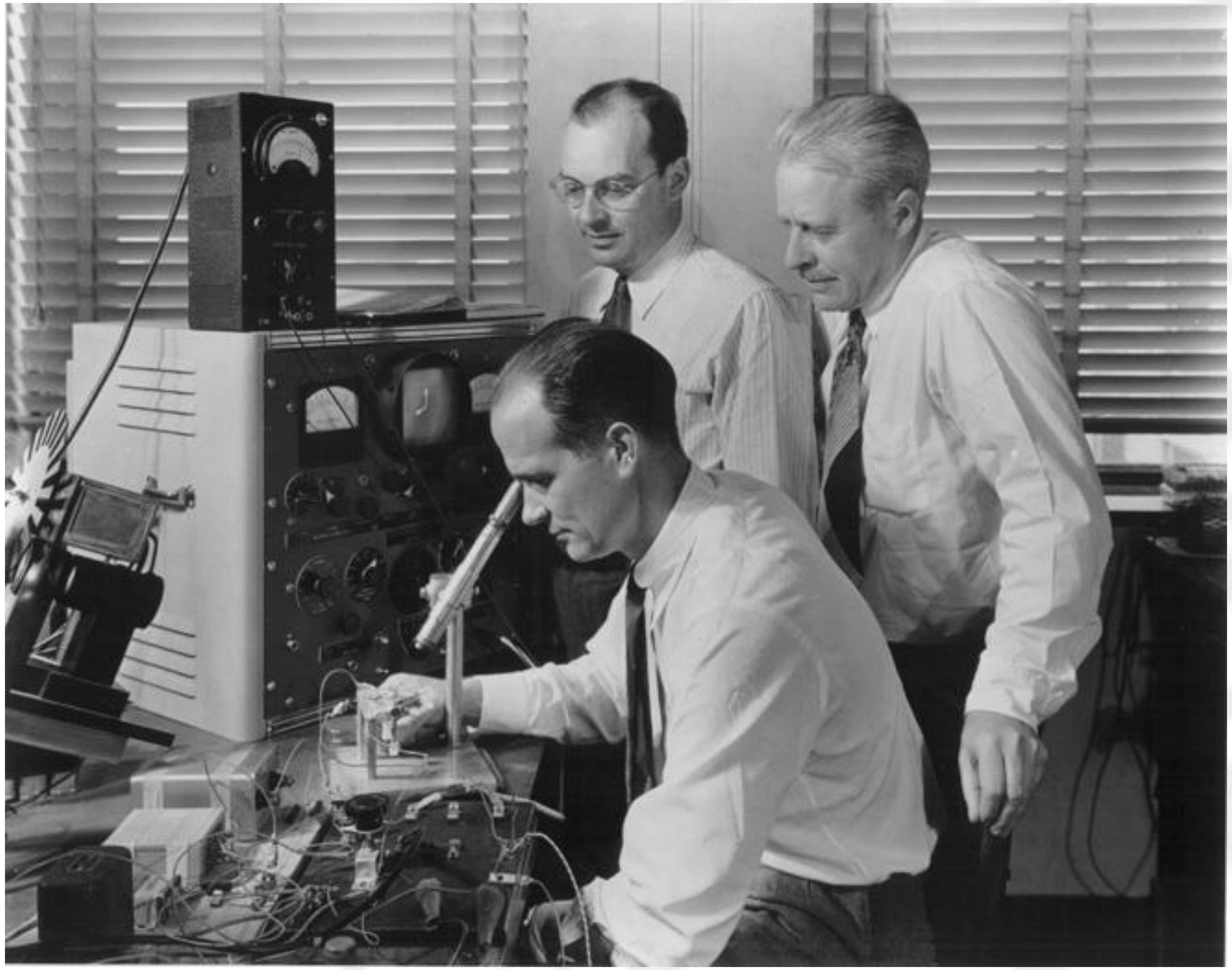
半导体器件的发明

- Nobel Prize 1956

  for their research on semiconductors and their discovery of the transistor effect

The first point contact transistor @ 1946, Dec. Bell Lab.

Transistor = transfer + resistor

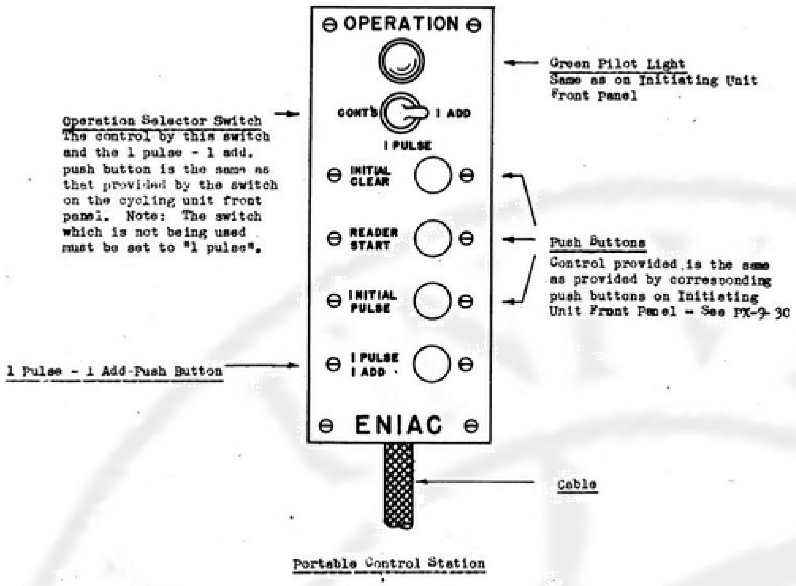


首台电子计算机

- ENIAC
  - <u>E</u>lectronic <u>N</u>umerical <u>I</u>ntegrator <u>a</u>nd <u>C</u>omputer
  - 1946 in University of Pennsylvania

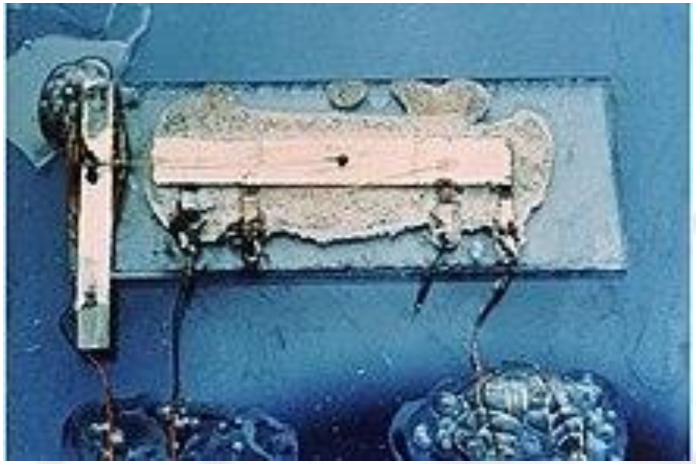
    15m x 9m, 18000 vacuum tubes
  - First general <u>programmable</u> computer
  - Decimal system, achieve 5000 add/sec

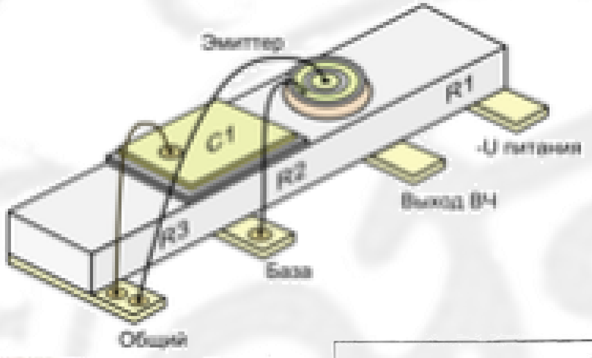
    applied for trajectory computing in WWII
  - An implementation of Turing Machine

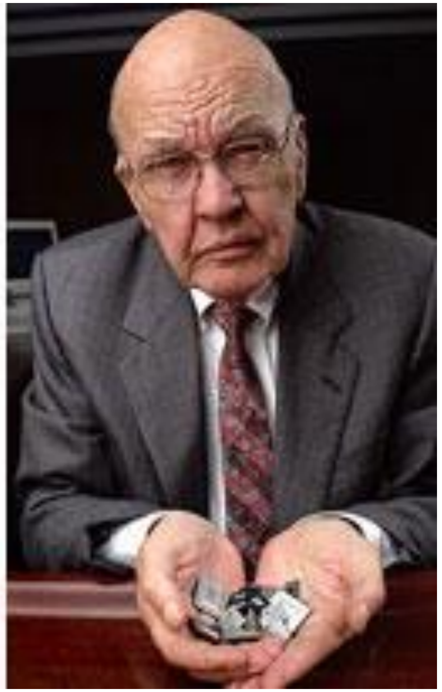


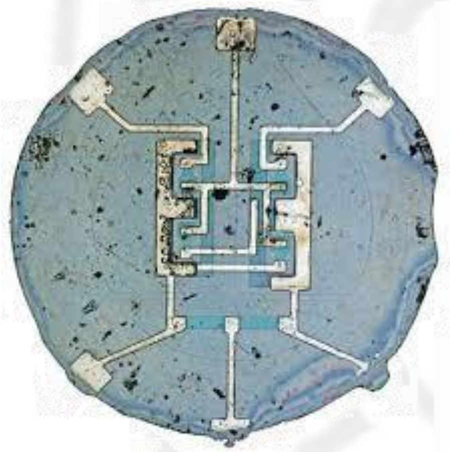
集成电路的出现

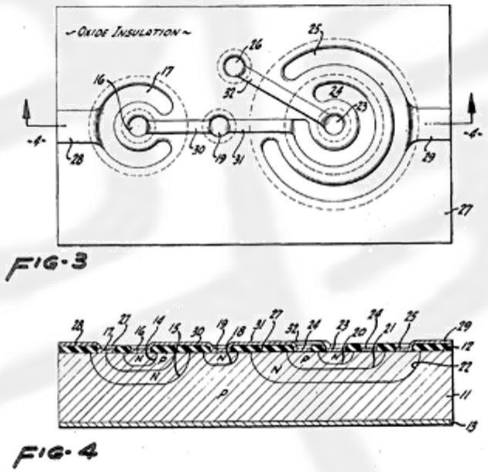
- Robert Noyce (FairChild) and Jack Kilby (TI) Nobel Prize 2000





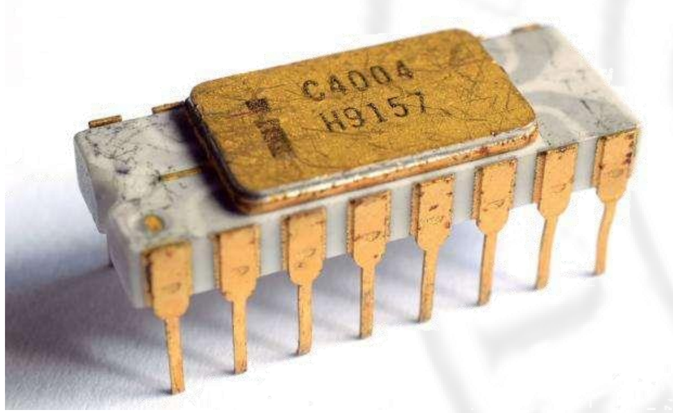


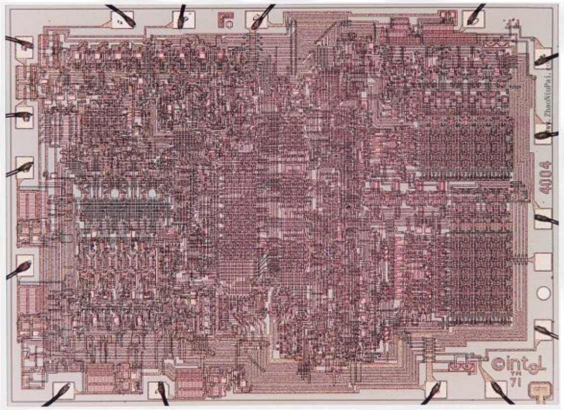




早期集成电路代表——首颗处理器芯片

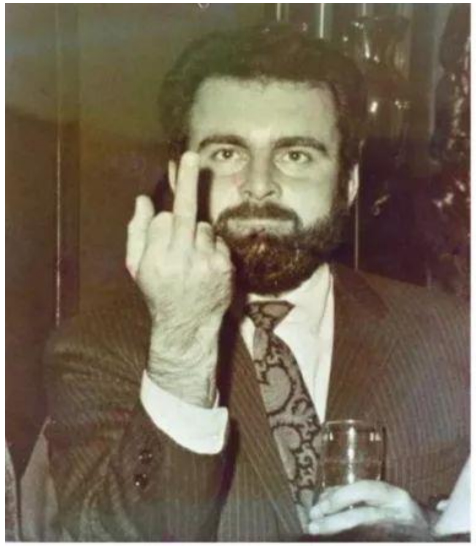
- Integrated Circuits
  - Shockley and Fairchild
  - Noyce and Moore founded Intel in 1969, and released the first CPU chip – Intel 4004
- Inter 4004
  - Von Neumann implementation on IC
  - Area: 3mm x 4mm, clock: 740kHz
  - ~60000 operations / second
  - Beginning of Moore’s Law

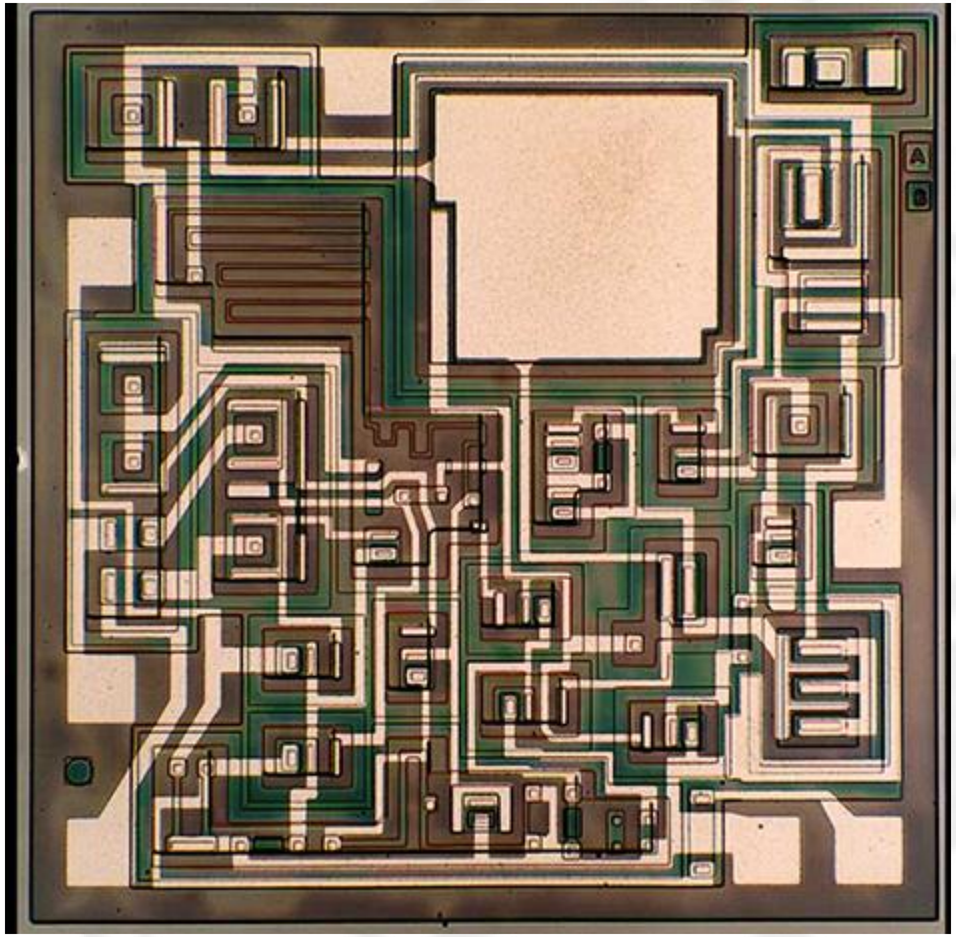




早期集成电路代表——首颗运算放大器

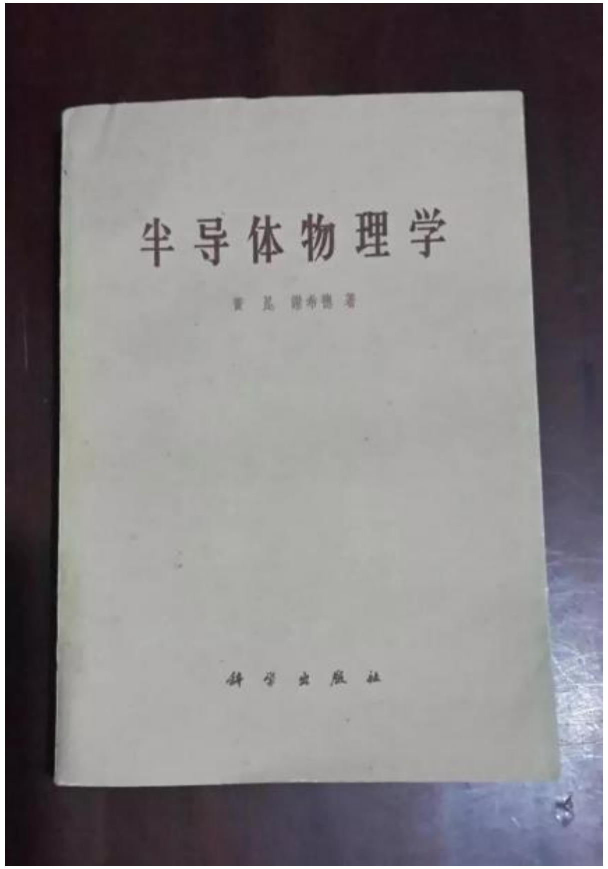
- First amplifier designed by Widlar
  - μA702 → μA741





复旦大学集成电路发展历史

- 中国半导体物理的起源



国务院学位委员会已投票通过设立“集成电路”一级学科

澎湃新闻记者 蒋子文

2020-08-02 14:16 来源：澎湃新闻

字号

据证券时报网报道披露，**7月30日，国务院学位委员会会议投票通过集成电路专业将作为一级学科，并将从电子科学与技术一级学科中独立出来的提案。集成电路专业拟设于新设的交叉学科门类下，待国务院批准后，将与交叉学科门类一起公布。**

电路课程路线图

- 基础课

  《模拟电子学基础》《信号与系统》

  《数字逻辑基础》《程序设计》

- 进阶课程

  《模拟集成电路》《高频/射频电路》

  《数字集成电路》《计算机体系结构》

- 高阶/研究生课程

  《智能处理器专用体系结构》《数据转换器》《FPGA原理》

科技 芯片（集成电路） 中国科学院大学 中国芯片

如何评价中国科学院大学「一生一芯」计划？对国产芯片的发展意味着什么？

圆桌收录 · 漫游科技宇宙 · 进行中 ›

【#国科大本科生超硬核毕业证#】今天，@中国科学院大学 公布了首期"一生一芯"计划成果——在国内首次以流片为目标，由5位2016级本科生主导完成一款64位RISC-V处理器SoC芯片设计并实现流片，芯片能成功运行Linux操作系统以及学生自己编写的国科大教学操作系统UCAS-Core。今年6月2日，"一生一芯"团队学生代表向国科大毕业答辩委员会演示处理器芯片的功能，交出了一份超出预期的本科毕业设计"答卷"，也实现带着自己设计的处理器芯片毕业这一目标。据悉，这5位毕业生都将在中国科学院计算技术研究所读研究生，"参与一个更有挑战的项目，开发一款高性能乱序多发射RISC-V处理器核的设计"。（中青报•中青网记者 孙庆玲） t.cn/A6yDJufr t.cn/A6yDiPM3[/cp]

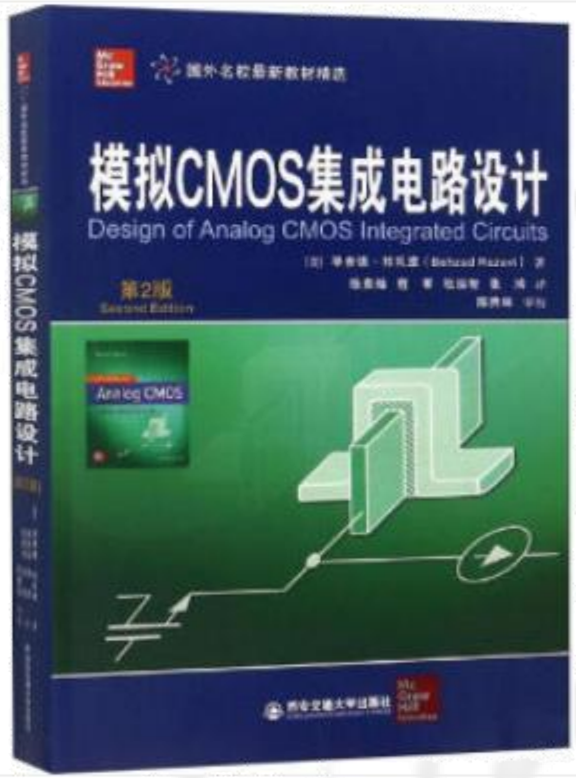
关注问题 写回答 邀请回答 25 条评论

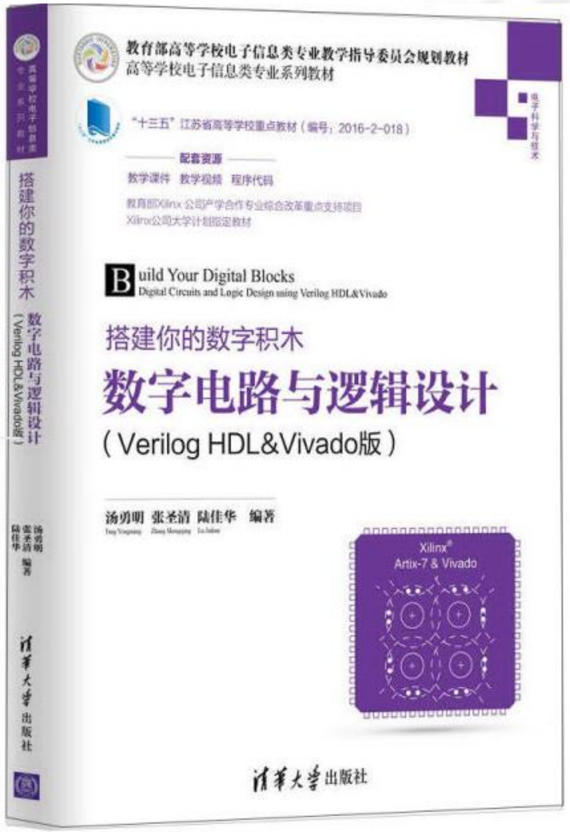
一生一芯

ICT 国科大

课程考核与安排

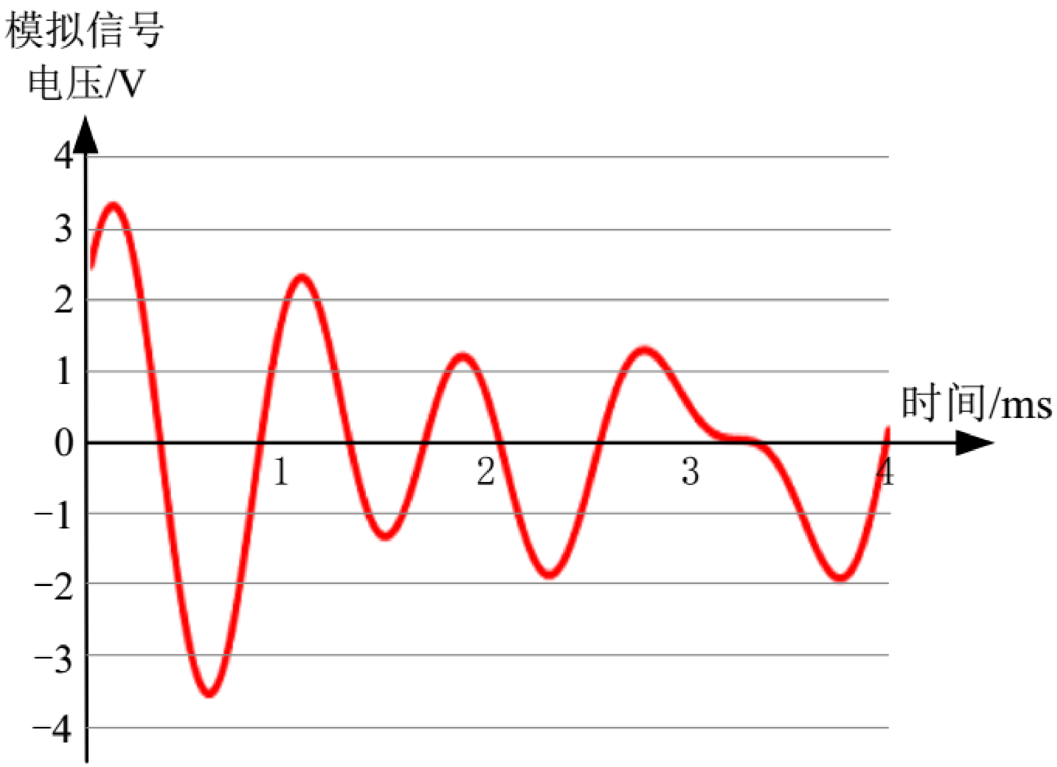
- 考勤 6%
- 作业 24%
- 期末Project 20%
- 期中考试20%
- 期末考试 30%



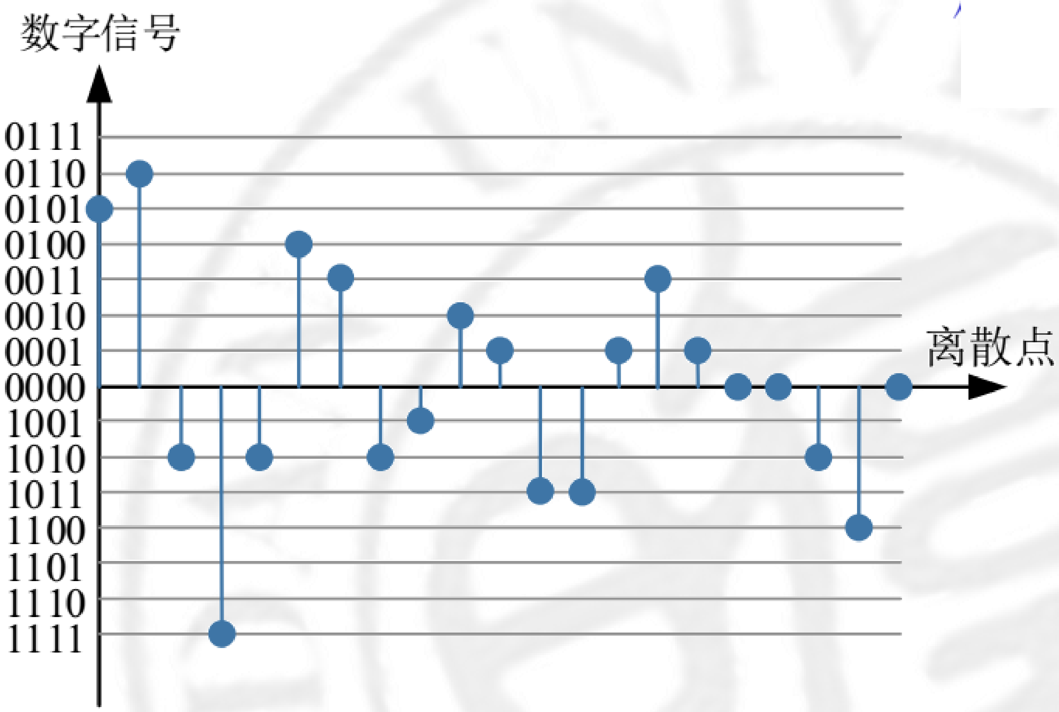


- Project 内容： 基于FPGA开发板设计

模拟信号 vs 数字信号



模拟信号

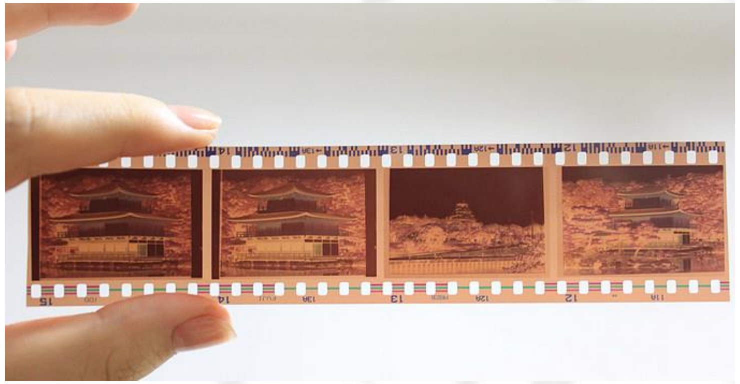
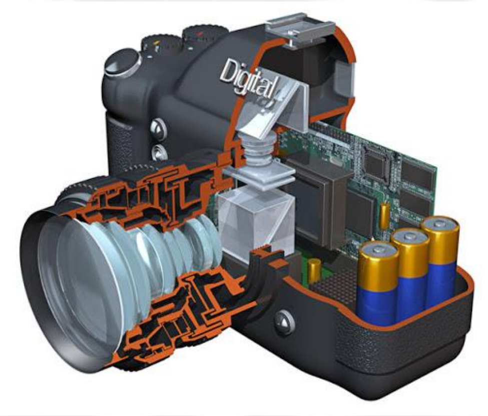


数字信号

The world is analog, why we need digital?

- These media process analog signals or digital signals?



- The problems with analog signals are **noisy, weak (distorted through long distance)** and **hard to store.**

数字信号的表示方法

- 源码

□ Thus, for *n-bit* word, the first bit is the **sign bit** and n-1 bits represent the **magnitude** of the number.

$$\underbrace{1}_{\text{Sign bit}}\ \underbrace{0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0}_{\text{Magnitude}}$$

- 反码（1‘s complement）

□ The 1's complement of an *N*-digits binary integer B:

1's complement = $(2^N - 1) - B$

- 补码（2’s complement）

□ 2's complement = $\begin{cases} 2^N - B, & B \neq 0 \\ 0, & B = 0 \end{cases}$

Example : Convert -5_{10} to 4-bit 1's complement

$$\begin{aligned} \text{1's complement} &= (2^4 - 1) - 5 \\ &= (16 - 1) - 5 \\ &= 10_{10} \rightarrow 1010_2 \end{aligned}$$

Example 1: Convert -5_{10} to 4-bit 2's complement

$$\begin{aligned} \text{2's complement} &= 2^4 - 5 \\ &= 16 - 5 \\ &= 11_{10} \rightarrow 1011_2 \end{aligned}$$

数字信号的表示方法

1's Complement Subtraction

- $16_{10} - 5_{10} \rightarrow 16_{10} + (-5_{10})$
- $\rightarrow 10000_2 + (11010_2)$

$$
\begin{array}{rcccccc}
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
+ & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\
\hline
 & \boxed{1} & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\
+ & & & & & & 1 \\
\hline
 & & 0 & 1 & 0 & 1 & 1
\end{array}
\rightarrow 11_{10}
$$

2's Complement Subtraction

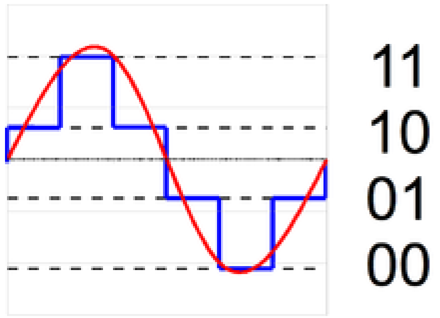
- $16_{10} - 5_{10} \rightarrow 16_{10} + (-5_{10})$
- $\rightarrow 10000_2 + (11011_2)$

$$
\begin{array}{rcccccc}
 & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
+ & & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\
\hline
 & \boxed{1} & 0 & 1 & 0 & 1 & 1
\end{array}
\rightarrow 11_{10}
$$

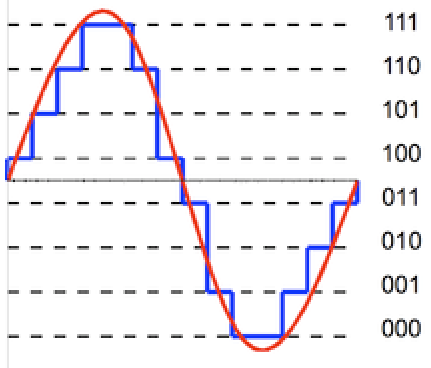
- Generating 2's complement is more complex than other representations.
- However, 2's complement arithmetic is simpler than other arithmetic.

模拟与数字信号的转换——量化

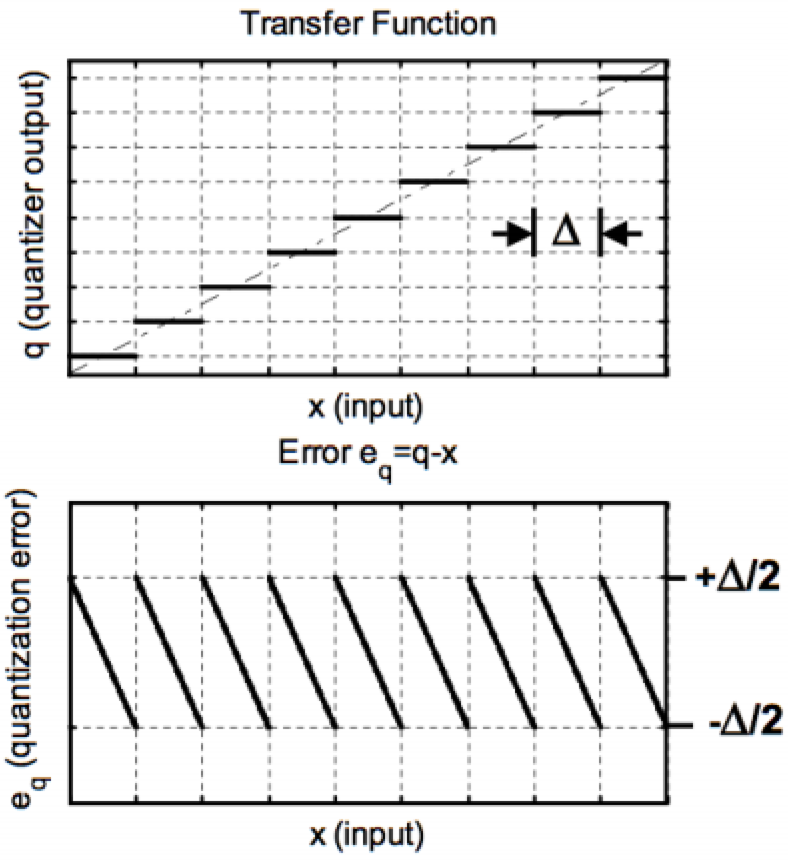
- Quantization & resolution



2bit Quantization



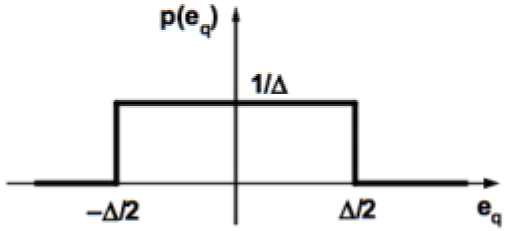
3bit Quantization



- Quantization Error
  - The residual of the signals
  - Quantization step Δ → Error Bounded by –Δ/2, +Δ/2

量化噪声 与 信噪比

- Assumption: $e_q(x)$ has uniform probability density



Mean $$\bar{e} = \int_{-\Delta/2}^{+\Delta/2} \frac{e}{\Delta} de = 0$$

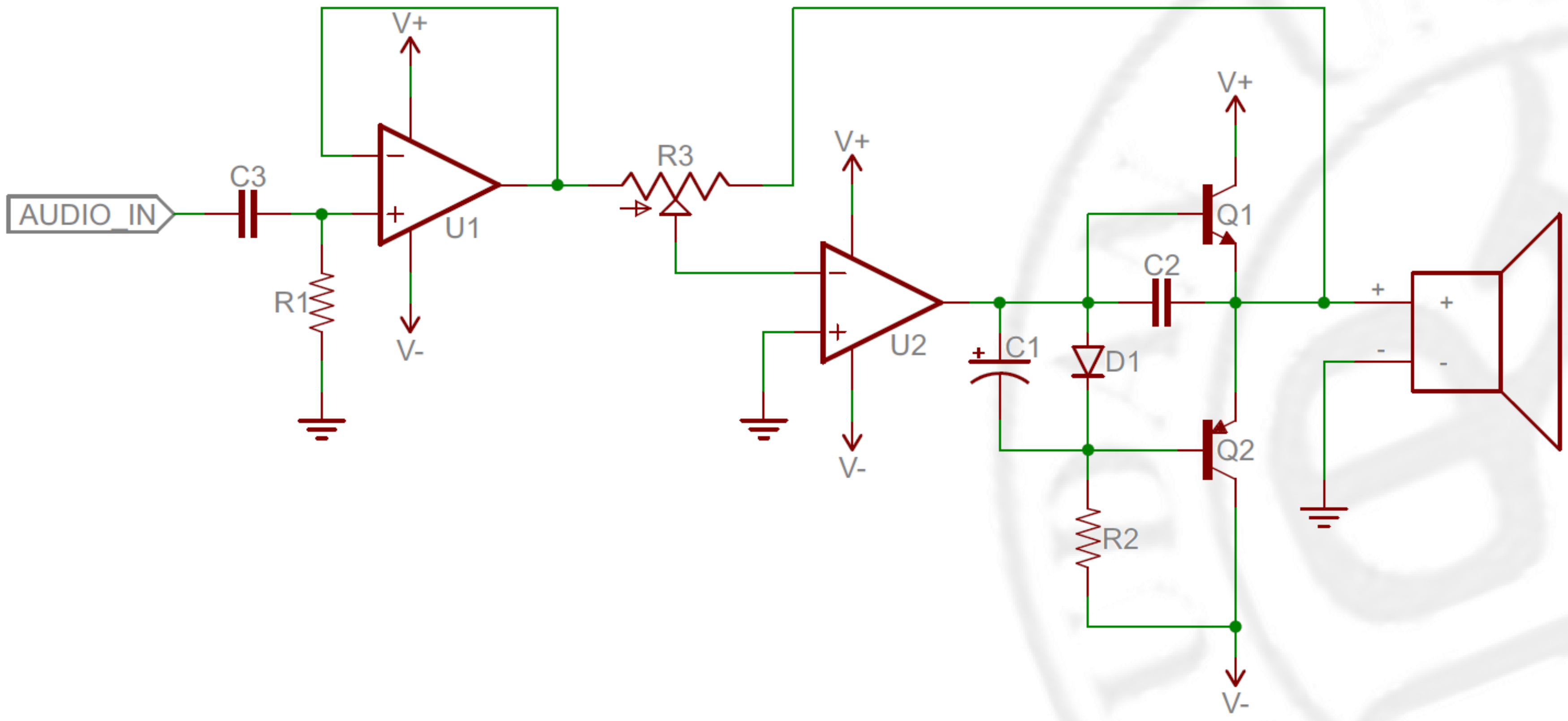
Variance $$\overline{e^2} = \int_{-\Delta/2}^{+\Delta/2} \frac{e^2}{\Delta} de = \frac{\Delta^2}{12}$$

- For a B+1 bit quantizer with a full-scale sinusoidal input,

$$\mathrm{SQNR} = \frac{P_{sig}}{P_{qnoise}} = \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{2^B \Delta}{2}\right)^2}{\frac{\Delta^2}{12}} = 1.5 \times 2^{2B} = 6.02B + 1.76 \ \ \mathrm{dB}$$

模拟电路

- The key function of the analog circuits is amplifying.



数字电路

- Big data and AI employs digital signal processing.