
数字逻辑

课程性质

- **“数字逻辑”是计算机各专业必修的一门重要技术基础课。**
- **该课程在介绍有关数字系统基本知识、基本理论、及常用数字集成电路的基础上，重点讨论数字逻辑电路分析与设计的基本方法。**
- **从计算机的层次结构上讲，“数字逻辑”是深入了解计算机“内核”的一门最关键的基础课程。**

本课程“数字逻辑”在计算机学科体系中的地位

研究逻辑器件，即“逻辑门”的外部功能；并由“门”构建功能级部件，如加法器、计数器或控制器等

数字逻辑

系统结构

网络...

计算机组成原理

...

模电

离散数学

数理逻辑...

电路

电工原理

...

高数

英语

物理

计算机文化基础

计算机专业课

(由此开始)

计算机专业基础课

电信类基础课

电类专业基础课

公共基础课

教学目标

- 了解组成数字计算机和其它数字系统的各种数字电路
- 能熟练地运用基本知识和理论对各类电路进行分析
- 通过本课程的学习，能根据设计要求完成各种逻辑部件的设计，掌握对数字系统硬件进行分析、设计和开发的基本技能。

教学安排

□ 教学时数

- 48学时（授课40学时，实验16学时）

□ 教学内容

- 数字逻辑基本知识、基本理论；
- 逻辑电路分析与设计；
- FPGA、CPLD
- Verilog HDL 硬件描述语言

教材

数字逻辑基础与Verilog设计（原书第3版）

作者：（加）斯蒂芬·布朗（Stephen Brown），

（加）斯万克·瓦拉纳西（Zvonko Vranesic）

译者： 吴建辉

丛书名： 国外电子与电气工程技术丛书

出版社： 机械工业出版社

ISBN： 9787111537281

出版日期： 2016 年6月



参考书:

《FPGA数字逻辑设计教程——Verilog》

作者 [哈斯凯尔 \(Richard E. Haskell\)](#)，[汉纳 \(Darrin M. Hanna\)](#) 著 [郑利浩](#)，[王荃](#)，[陈华锋](#) 译；[电子工业出版社](#)

《数字逻辑基础》陈光梦 复旦大学出版社

《数字电路设计及verilog HDL 实现》西安电子科技大学

| | | |
|-----|--------|-----|
| 考核: | 期末考试 | 50% |
| | 实验质量检查 | 20% |
| | 实验报告 | 10% |
| | 作业 | 10% |
| | 项目 | 10% |

如何学好数字逻辑？

□ 掌握课程特点

■ 本课程是一门既抽象又具体的课程

□ 在逻辑问题的提取和描述方面是抽象的,而在逻辑问题的实现上是具体的。因此,学习中既要务虚,又要务实。

■ 理论知识与实际应用结合十分紧密

□ 该课程各部分知识与实际应用直接相关,学习中必须将理论知识与实际问题联系起来。真正培养解决实际问题的能力。

如何学好数字逻辑？

□ 掌握课程特点

■ 逻辑设计方法十分灵活

- 数字系统中，逻辑电路的分析与设计具有很大的灵活性。
- 许多问题的处理没有固定的方法和步骤，很大程度上取决于操作者的逻辑思维推理能力、知识广度和深度、以及解决实际问题的能力。
- 换言之，逻辑电路的分析与设计具有较大的弹性和可塑性。

如何学好数字逻辑？

□ 重视课堂学习

- **认真听课：**听课时要紧跟教师授课思路，认真领会每一个知识要点，抓住书本上没有的内容，琢磨重点与难点。
- **做好笔记：**适当地记录某些关键内容，尤其是那些重点、难点、疑点，以便课后复习、思考
- **主动思考：**听课时围绕教师所述内容及提出的问题，主动思考问题，寻找自己的见解。

如何学好数字逻辑？

□ 培养自学能力

- **认真阅读教材内容：**通过阅读教材，理解各知识要点，吃透难点，建立各部分知识之间的相互联系。
- **善于总结、归纳：**注意及时总结所学知识，归纳出各部分的重点和难点，力求深入透彻地了解。
- **加强课后练习：**通过做练习，不仅可以巩固所学知识，而且能暴露学习中存在的问题，迫使自己做更深入的了解。

如何学好数字逻辑？

□ 注重理论联系实际

- **将书本知识与工程实际统一：**学习中注意书本知识与工程应用存在的差别，将理论与实际统一。

- **将理论知识与实际应用结合：**学习的目的是应用。因此，应从社会需求出发，将所学知识用于解决实际问题。

□ 加强理论结合**实践**，一边学一边做。

实验教学、仿真软件（Multisim **虚拟电子实验室**）、logisim。Verilog HDL

主要内容:

- 1、数字逻辑基础
- 2、逻辑电路入门
- 3、数的表示和算术运算电路
- 4、组合电路
- 5、触发器、寄存器
- 6、同步时序电路
- 7、Verilog与数字系统设计
- 8、异步时序电路

数字系统的基本概念

1.1.1 数字系统

一、信息与数字

我们正处在一个信息的时代！请问：信息的概念是什么？

信息的概念：

人们站在不同的角度，对“信息”给出了不同的解释。诸如，“信息是表征物理量数值特征的量”，“信息是物质的反映”，“信息是人类交流的依据”，...，广义的说，“信息是对客观世界所存在的各种差异的描述”。

请问：信息有何特征？

信息特征：传输能力、存储能力、处理能力（智能）

传输（跨越空间的信息传播）：例如，邮递、电话、电视、Internet 等。

存储（跨越时间的信息传播）：例如，文字、书籍、照相、录音、录像等。

处理（对信息进行加工）：例如，算盘、计算器和计算机。

大自然赋予人类的处理能力太优秀，而传输和存储能力不足！

信息的最佳表达形式是什么？

数字是信息的最佳表达形式！

1、可与各种信息形式进行转化

（转化成人能接受的信息：文字、声音、图形、图像、视频；

机器能接受的信息：电流、电压、声音、触觉等）

2、可表达人的思想、办法、事物的规律（程序的巨大能力）

3、可以单一的形式进行处理、传输、存储

（可以说，没有其它的形式可以与数字比美！）

我们正处在一个数字化的信息时代！

**数字控制、数字录音、数据通讯、数字计算、数字电视、数字广播、
数字相机、数字摄像、数字城市、数字流域、数字地球**

我们共同生活在数字化的环境中！

二、数字系统

什么是数字系统？

数字系统是一个能对数字信号进行存储、传递和加工的实体，它由实现各种功能的数字逻辑电路相互连接构成。

例如，数字计算机。

1、数字信号

若信号的变化在时间上和数值上都是离散的，或者说断续的，则称为离散信号。离散信号的变化可用不同的数字反映，所以又称为数字信号，简称为数字量。

例如，学生成绩记录，工厂产品统计，电路中开关的状态等。

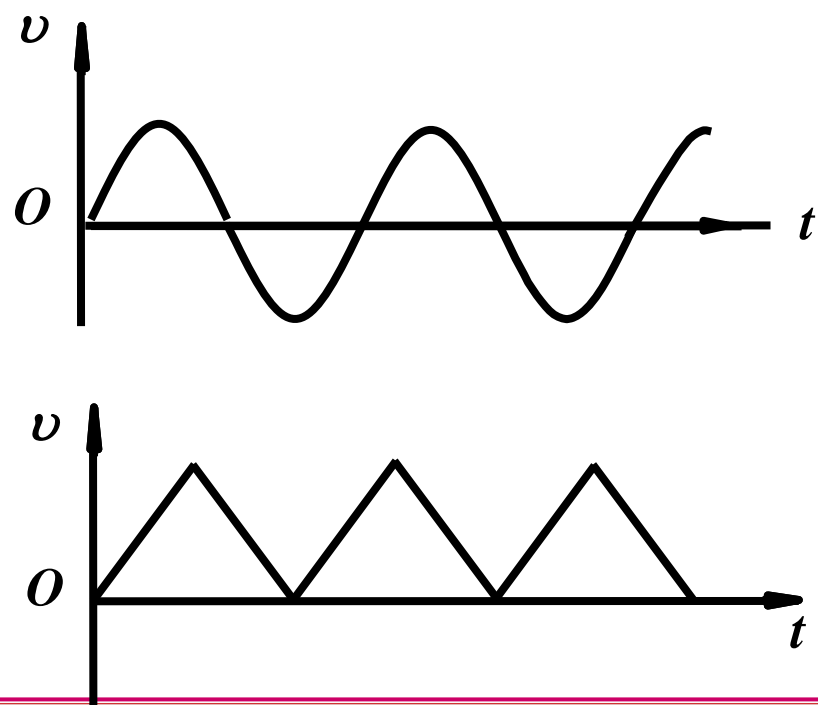
数字系统只能处理数字信号，当数字系统要与模拟信号发生联系时，必须经过模/数(A/D)转换和数/模(D/A)转换电路，对信号类型进行变换。

注意：客观世界中的大量信号都是连续量。例如，温度、压力、流量等。可以对它们进行模拟、转化！

模拟信号与数字信号

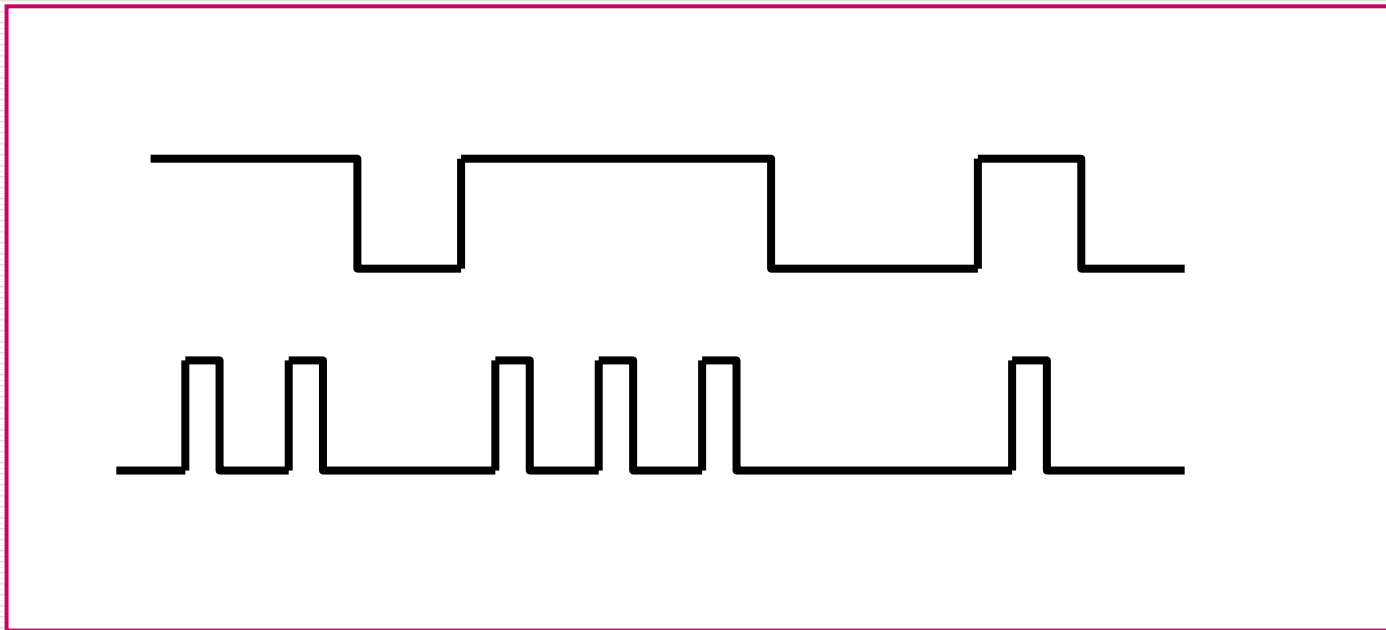
模拟信号

---时间和数值均连续变化的电信号，如正弦波、三角波等



数字信号

---在时间上和数值上均是离散的信号。

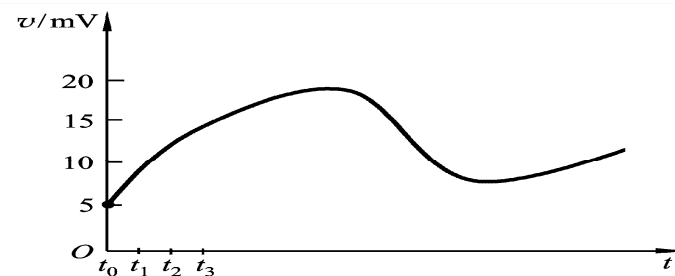
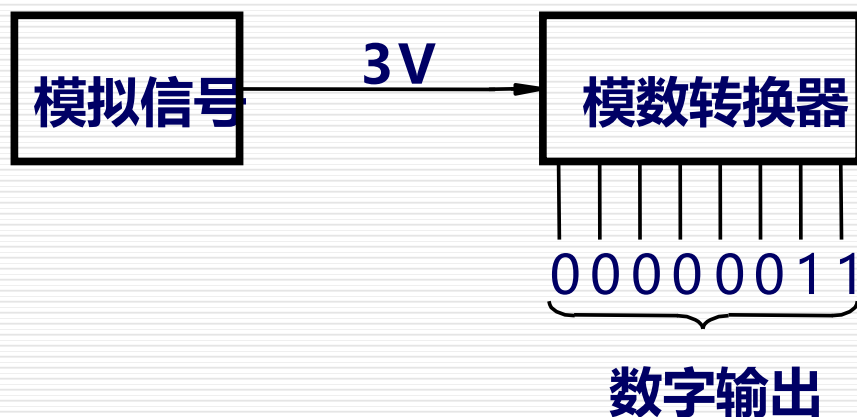


•数字电路和模拟电路：工作信号，研究的对象不同，分析、设计方法以及所用的数学工具也相应不同

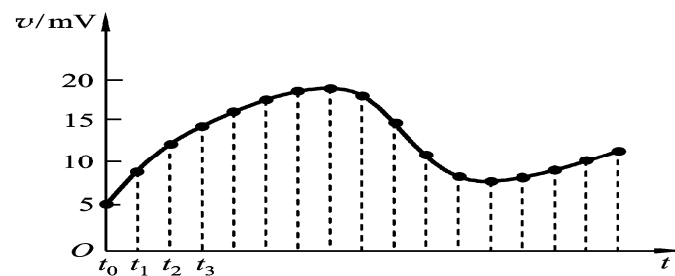
模拟信号的数字表示

由于数字信号便于存储、分析和传输，通常都将模拟信号转换为数字信号。

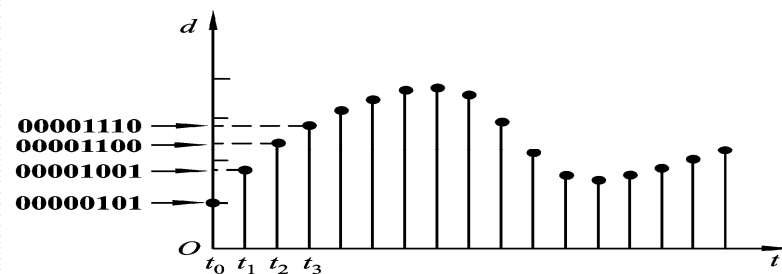
模数转换的实现



(a)



(b)



(c)

数字量(digital variable)——在时间**和**数量上的变化都离散的物理量。

数字信号(digital signal)——表示数字量的信号。

数字电路(digital circuits)——工作在数字信号下的电路。

如：时钟、自动生产线上送出零件量的检测等。

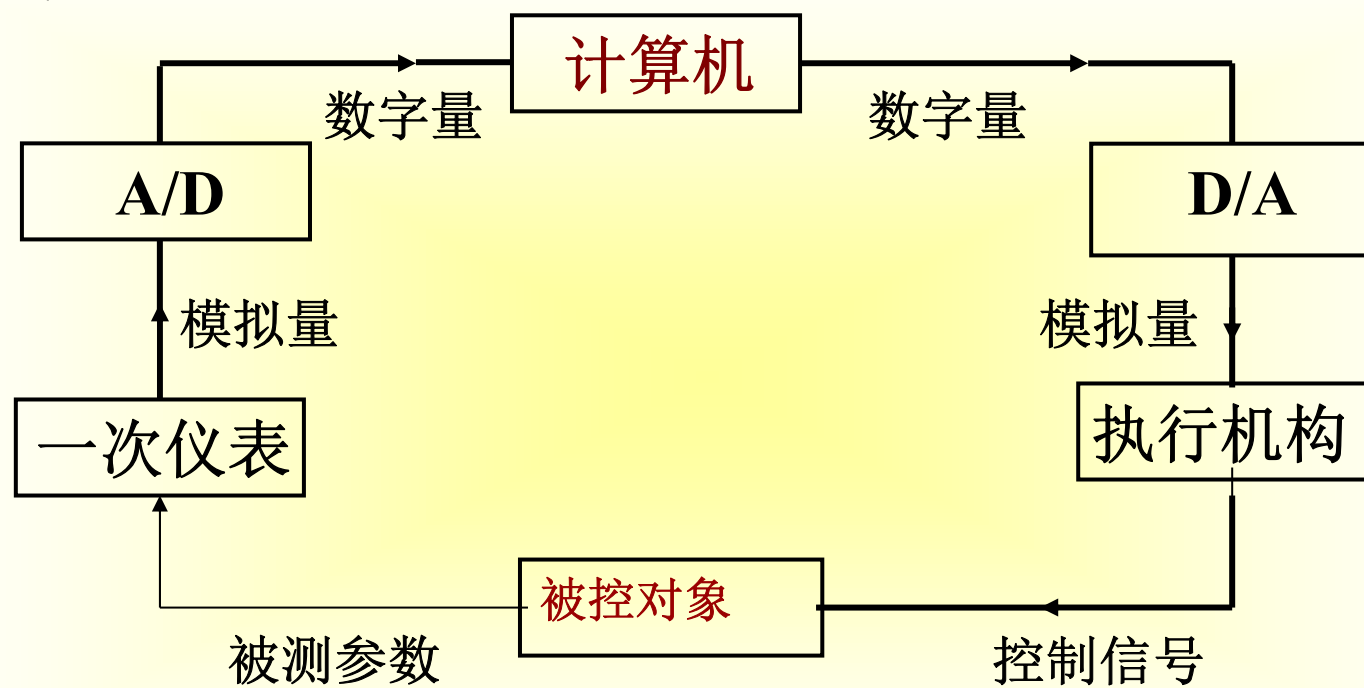
模拟量(analog variable)——在时间**或**数值上连续变化的物理量。

模拟信号(analog signal)——表示模拟量的信号。

模拟电路(analog circuits)——工作在模拟信号下的电路。

如：温度、压力变化。

例如,某控制系统框图如下:



数字信号的描述方法

1、二值数字逻辑和逻辑电平

■ 二值数字逻辑

0、1数码---表示数量时称二进制数

---表示事物状态时称二值逻辑

■ 表示方式

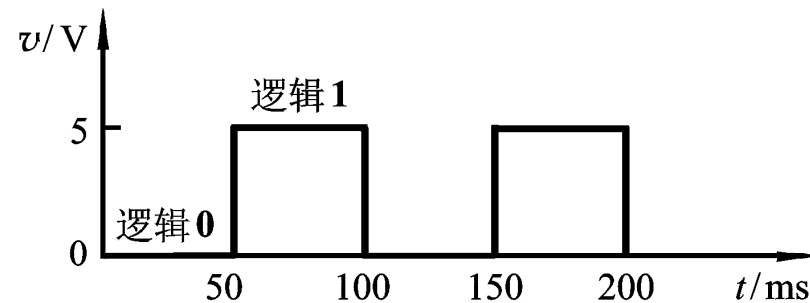
a、在电路中用低、高电平表示0、1两种逻辑状态

逻辑电平与电压值的关系（正逻辑）

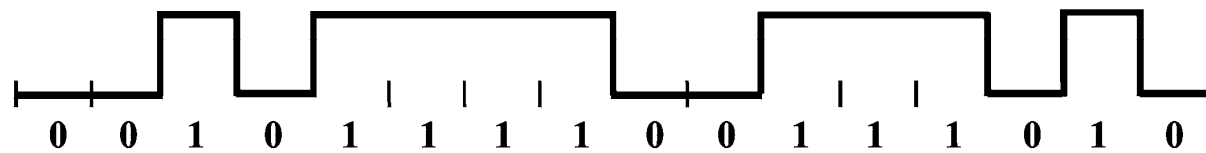
| 电压(V) | 二值逻辑 | 电 平 |
|-------|------|--------|
| +5 | 1 | H(高电平) |
| 0 | 0 | L(低电平) |

数字波形

数字波形-----是信号逻辑电平对时间的图形表示.



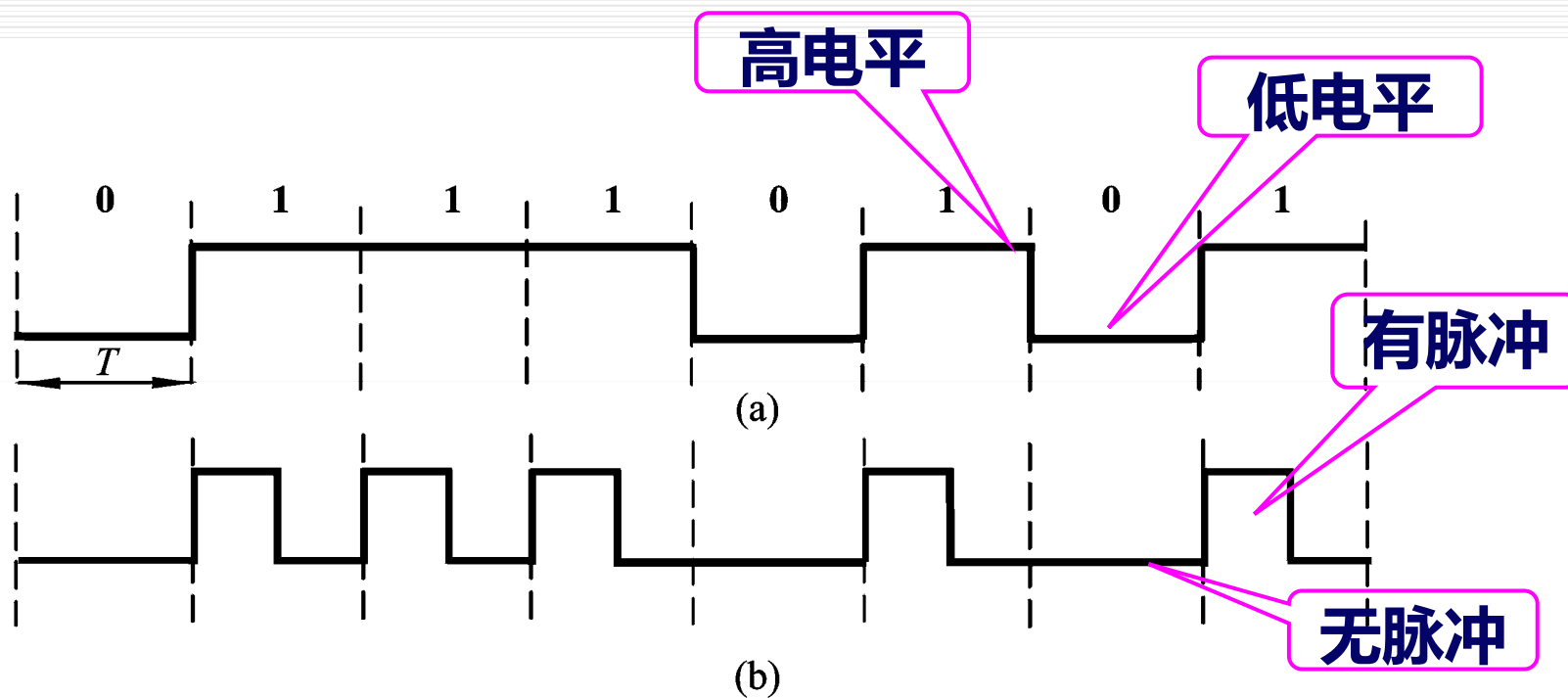
(a)



(b)

(a) 用逻辑电平描述的数字波形 (b) 16位数据的图形表示

(1)数字波形的两种类型: *非归零型 *归零型



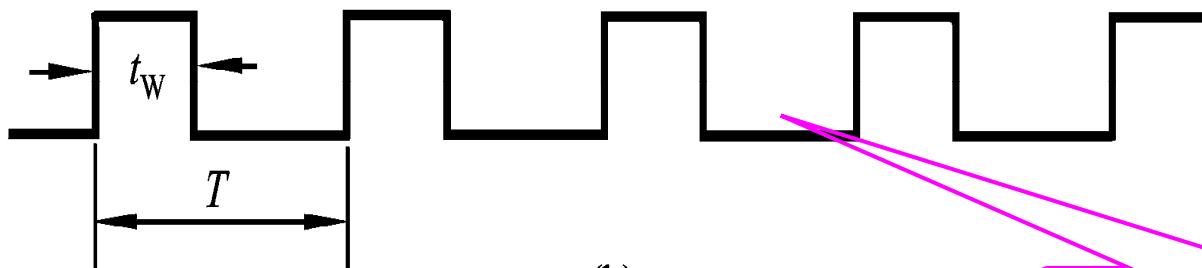
比特率 ----- 每秒钟传输数据的位数

(2)周期性和非周期性

非周期性数字波形



(a)



(b)

周期性数字波形

2、数字逻辑电路

用来处理数字信号的电子线路称为**数字电路**。由于数字电路的各种功能是通过逻辑运算和逻辑判断来实现的，所以数字电路又称为**数字逻辑电路**或者**逻辑电路**。

数字逻辑电路具有如下特点：

(1) 电路的基本工作信号是二值信号。它表现为电路中电压的“高”或“低”、开关的“接通”或“断开”、晶体管的“导通”或“截止”等两种稳定的物理状态。

(2) 电路中的半导体器件一般都工作在开、关状态。

(3) 电路结构简单、功耗低、便于集成制造和系列化生产；产品价格低廉、使用方便、通用性好。

(4) 由数字逻辑电路构成的数字系统工作速度快、精度高、功能强、可靠性好。

由于数字逻辑电路具有上述特点，所以，数字逻辑电路的应用十分广泛。

随着半导体技术和工艺的发展，出现了数字集成电路，集成电路发展十分迅速。

数字集成电路按照集成度的高低可分为小规模（SSI）、中规模（MSI）、大规模（LSI）和超大规模（VLSI）几种类型。

1. SSI (Small Scale Integration) 小规模集成电路:

逻辑门数小于10 门(或元件数小于100个);

2. MSI (Medium Scale Integration) 中规模集成电路:

逻辑门数为10 门~99 门(或元件数100个~999个);

3. LSI (Large Scale Integration) 大规模集成电路:

逻辑门数为100 门~9999 门(或元件数1000个~99999个);

4. VLSI (Very Large Scale Integration) 超大规模集成电路:

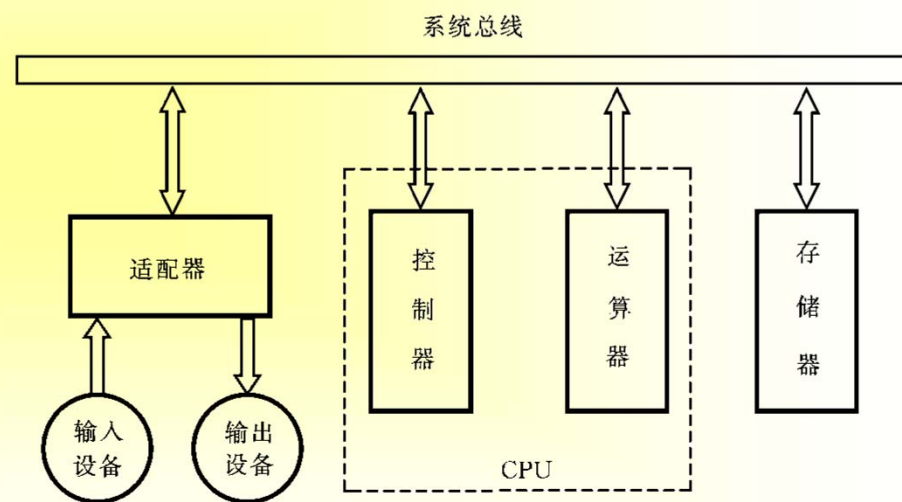
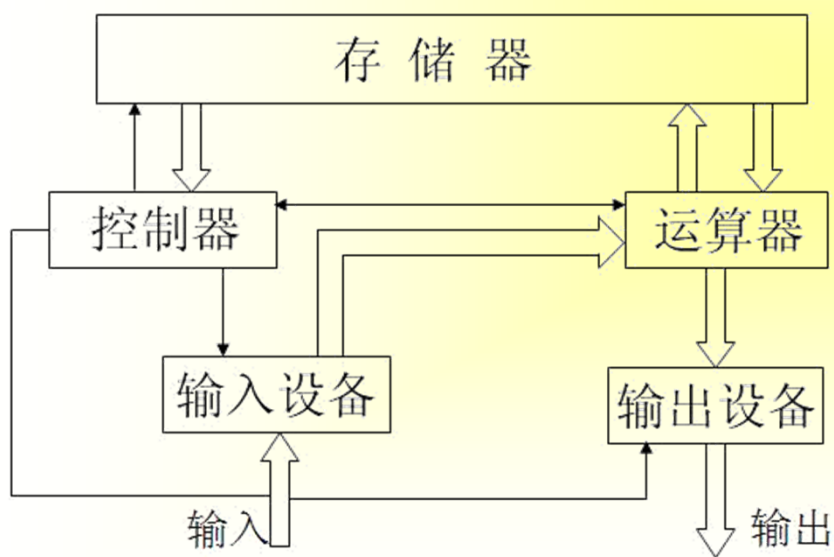
逻辑门数大于10000 门(或元件数大于100000个)。

3、数字计算机及其发展

(1) 数字计算机

数字计算机是一种能够自动、高速、精确地完成数值计算、数据加工和控制、管理等功能的数字系统。

结构框图如下：



总线结构

(2) 计算机的发展

数字计算机从1946年问世以来，其发展速度是惊人的。根据组成计算机的主要元器件的不同，至今已经历了四代。具体如下表所示。

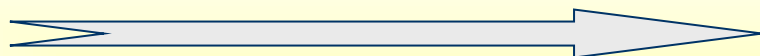
数字计算机的划代

| 划 代 | 主要元器件 | 生产时间 | 国 家 |
|-----|-----------|-------|-----|
| 第一代 | 电子管 | 1946年 | 美 国 |
| 第二代 | 晶体管 | 1958年 | 美 国 |
| 第三代 | 小规模集成电路 | 1964年 | 美 国 |
| 第四代 | 中、大规模集成电路 | 1971年 | 美 国 |

发展趋势：速度↑、功能↑、可靠性↑、体积↓、价格↓、功耗↓。

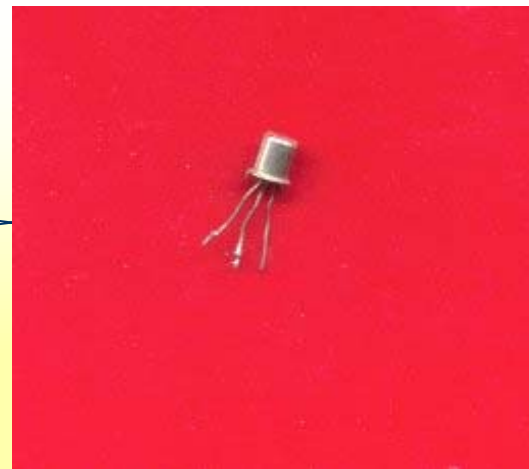
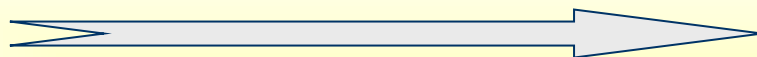
你了解组成各代计算机的主要元器件吗？

电子管



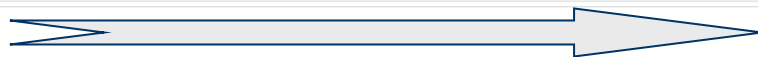
第一台数字计算机ENIAC共用了18000多个电子管，70000多个电阻，10000多个电容，6000多个开关；整个系统长若30米，高3米，宽1米，占地面积达150平米，重若30吨，耗电若150千瓦；做一次加法若200微秒，一次乘法若2000微秒。

晶体管



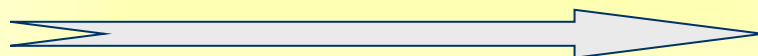
晶体管是第二代计算机的主要元器件。例如，国产121机。该机的运算器、控制器、存储器被分为三个大机柜，加上外围设备后，需占用几十平米的机房。

小规模
集成电路

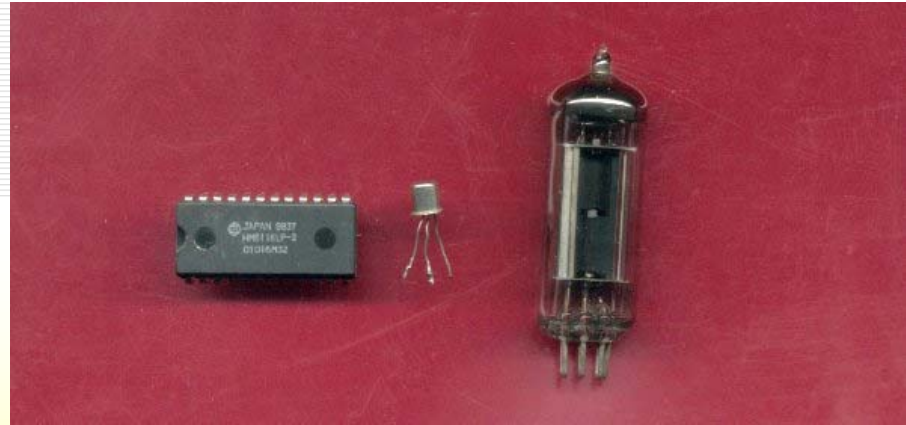


小规模集成电路是第三代计算机的主要元器件。例如，国产130机。该机的运算器、控制器、存储器被分为三块插件板组装在同一机柜中，使整机体积大大缩小。

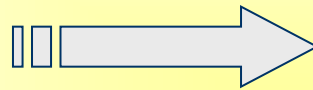
大规模
集成电路



中大规模集成电路的出现，导致了第四代计算机的问世。典型产品是微型计算机！



想一想！
比较一下！



发展趋势：速度↑、功能↑、可靠性↑、体积↓、价格↓、
功耗↓。

广泛使用的微型计算机、单片机是建立在超大规模集成电路基础之上的。
其CPU的集成规模如何？

以几乎淘汰的产品个人计算机为例，PC机CPU芯片80X86的集成规模如下表所示：

80X86系列的集成规模

| 芯 片 型 号 | 集 成 度 |
|-----------|------------|
| 8 0 8 6 | 2.9 万个晶体管 |
| 8 0 2 8 6 | 13.5 万个晶体管 |
| 8 0 3 8 6 | 32 万个晶体管 |
| 8 0 4 8 6 | 120 万个晶体管 |
| 8 0 5 8 6 | 320 万个晶体管 |
| ⋮ | ⋮ |

在80586CPU中，密集程度如何呢？大约用500个晶体管串接起来才能绕人的头发丝一周！