

---

# 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。**

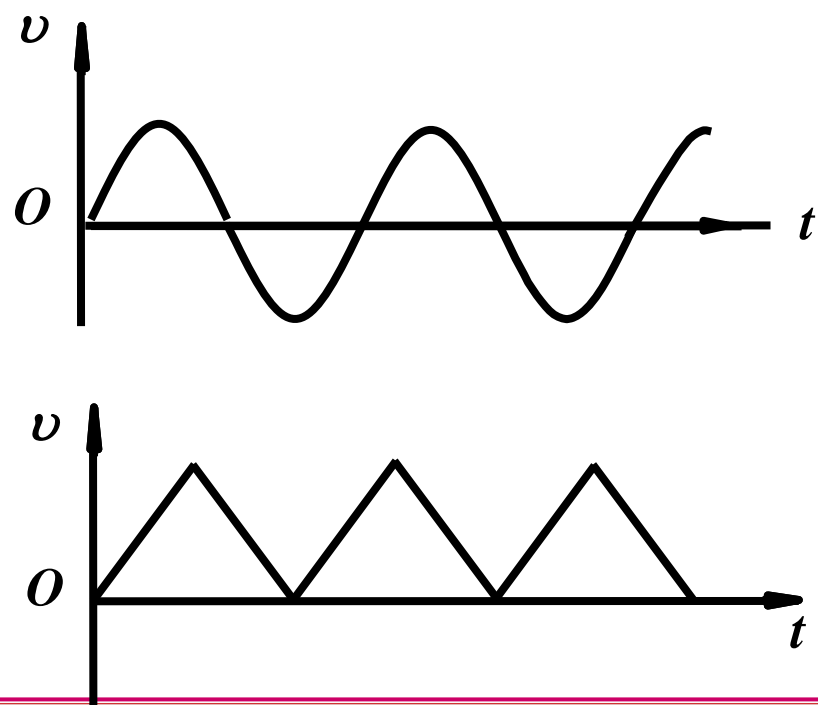
**注意：客观世界中的大量信号都是连续量。例如，温度、压力、流量等。可以对它们进行模拟、转化！**



# 模拟信号与数字信号

## 模拟信号

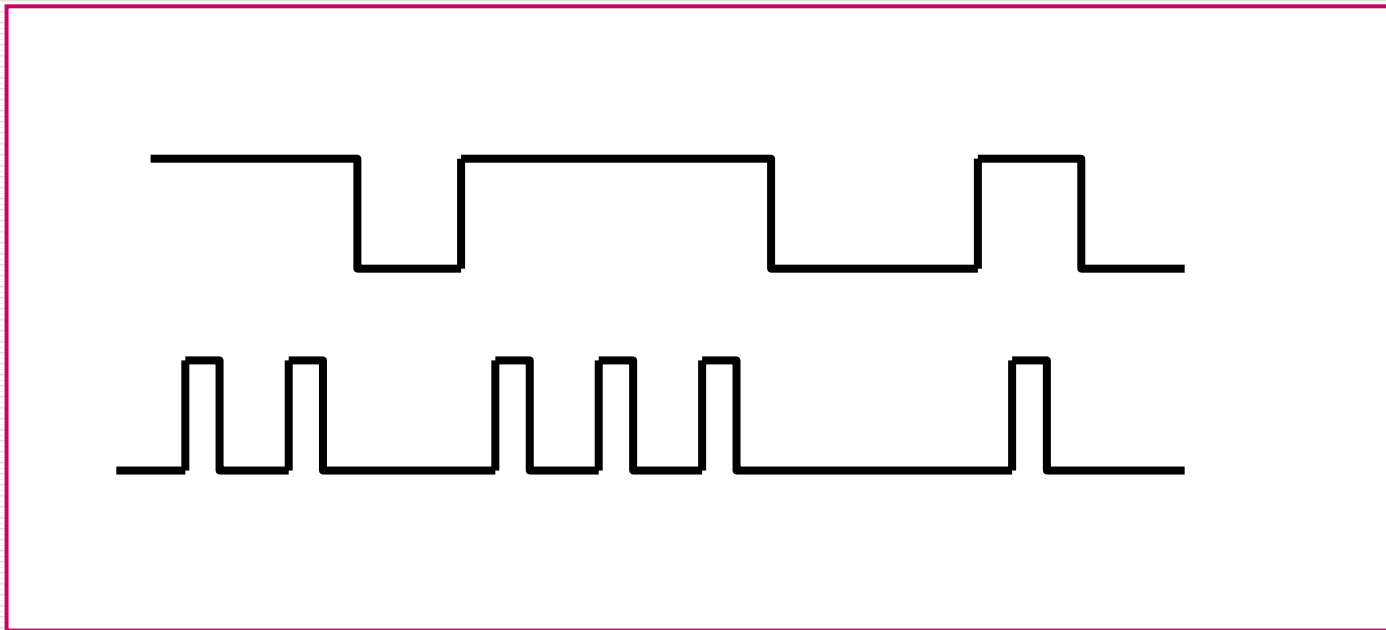
---时间和数值均连续变化的电信号，如正弦波、三角波等



## 数字信号

---

---在时间上和数值上均是离散的信号。

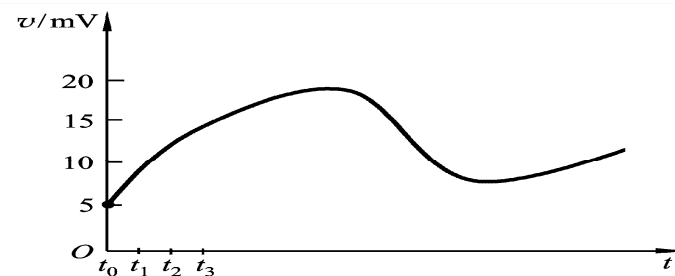
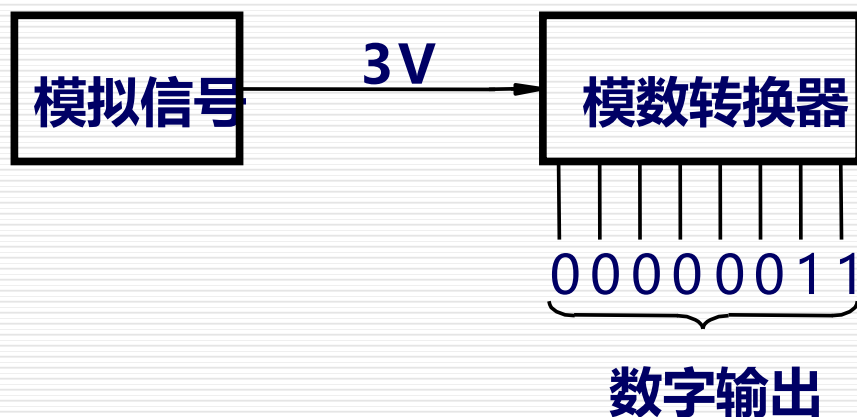


•数字电路和模拟电路：工作信号，研究的对象不同，分析、设计方法以及所用的数学工具也相应不同

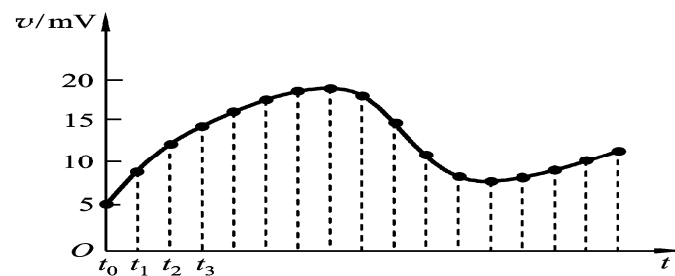
## 模拟信号的数字表示

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。

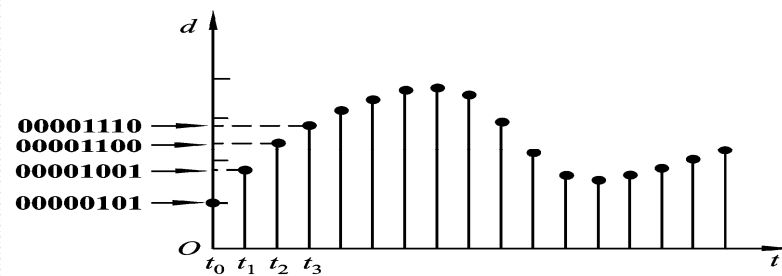
### 模数转换的实现



(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。

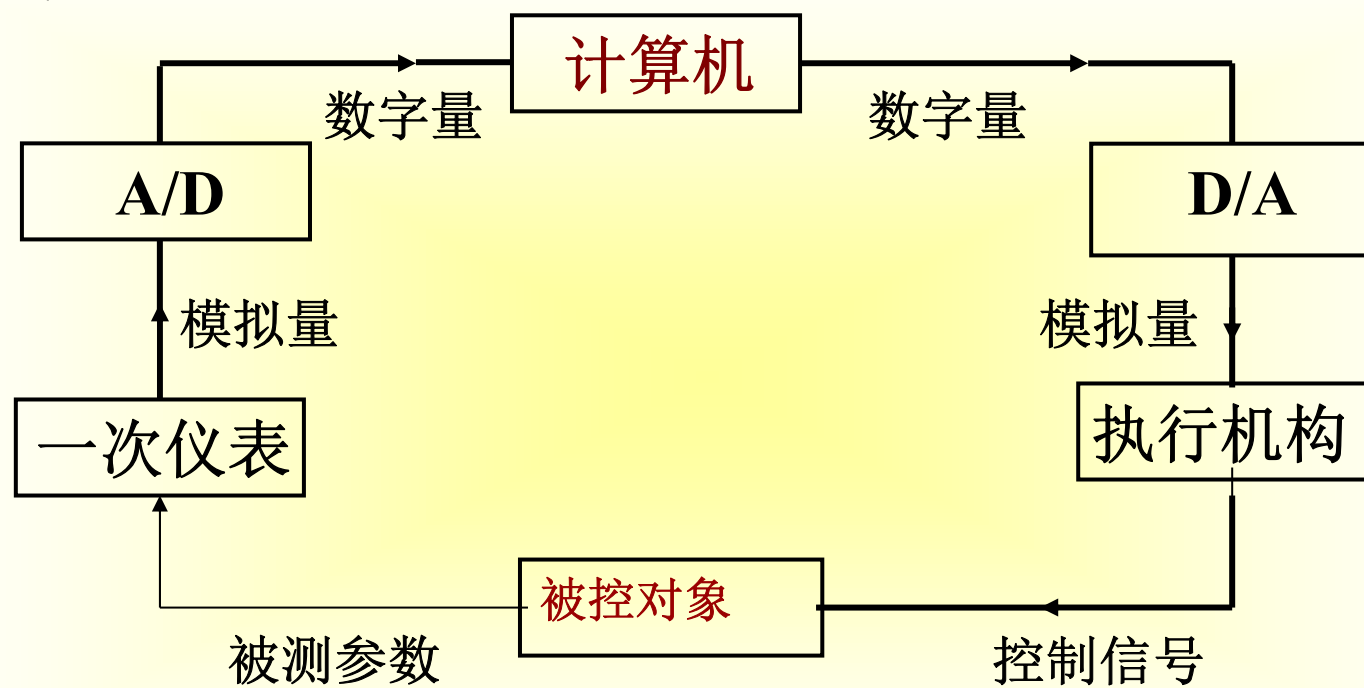
模拟信号(analog signal)——表示模拟量的信号。

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

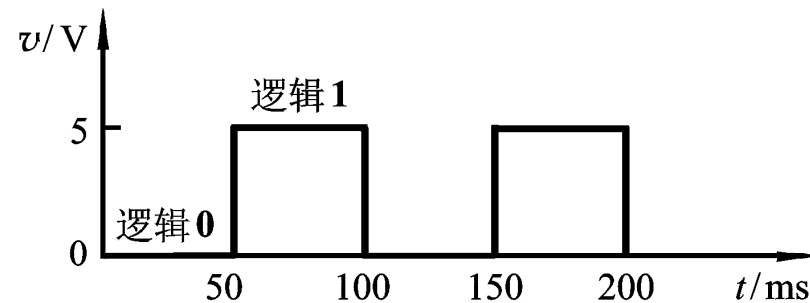
a、在电路中用低、高电平表示0、1两种逻辑状态

逻辑电平与电压值的关系（正逻辑）

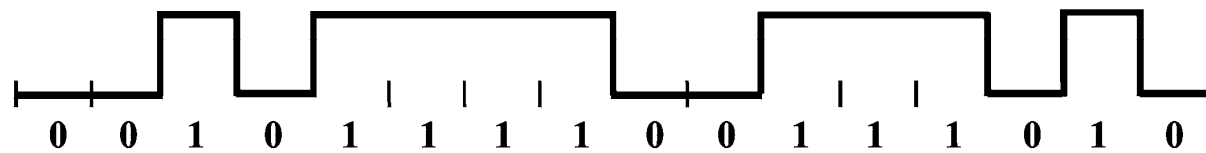
电压(V)	二值逻辑	电 平
+5	1	H(高电平)
0	0	L(低电平)

## 数字波形

数字波形-----是信号逻辑电平对时间的图形表示.



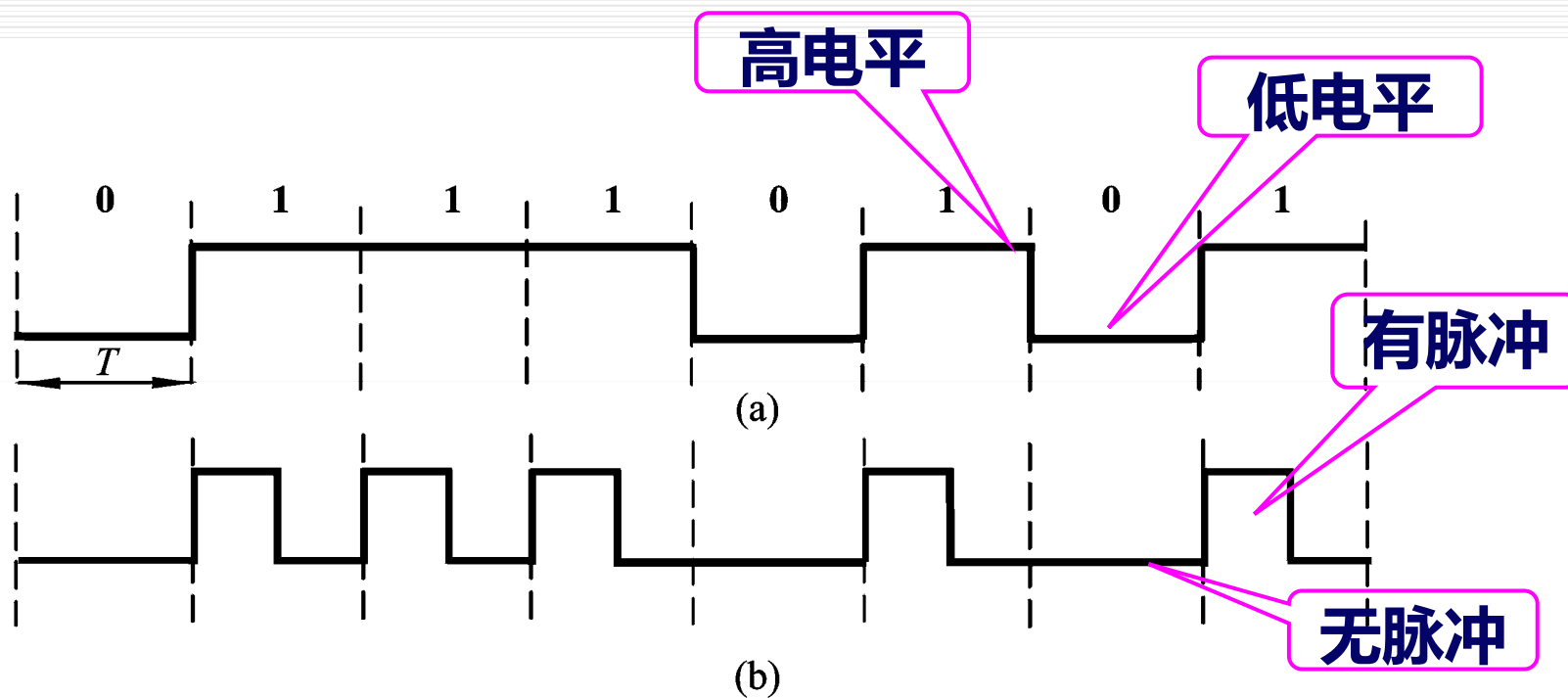
(a)



(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

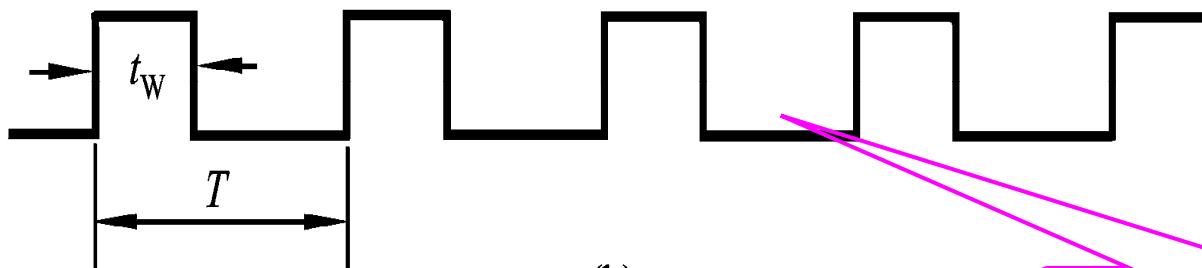


## (2)周期性和非周期性

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:**

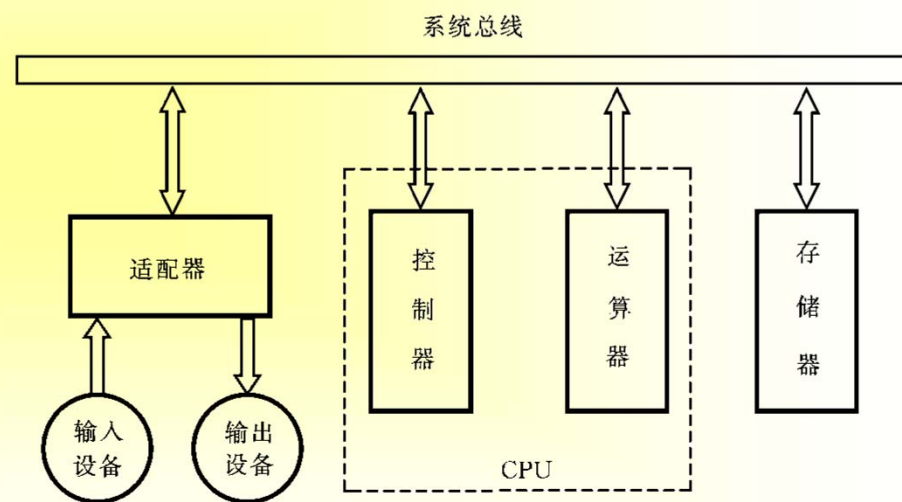
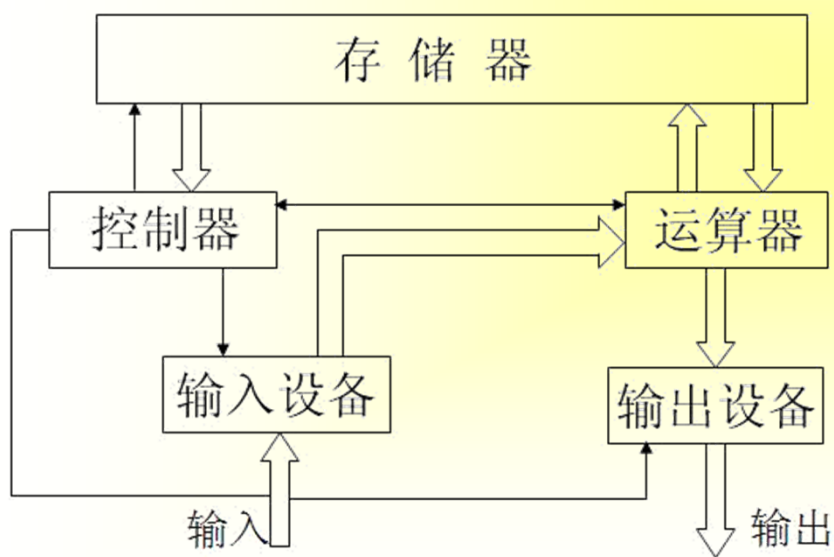
逻辑门数大于10000 门(或元件数大于100000个)。

### 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。

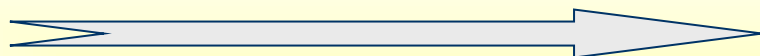
数字计算机的划代

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↓。

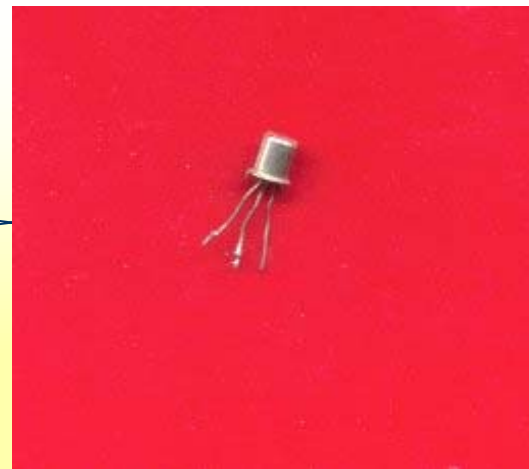
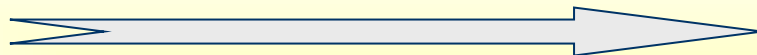
你了解组成各代计算机的主要元器件吗？

电子管



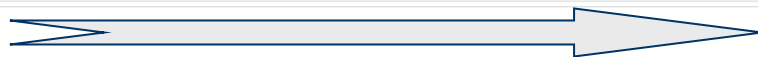
第一台数字计算机ENIAC共用了18000多个电子管，70000多个电阻，10000多个电容，6000多个开关；整个系统长若30米，高3米，宽1米，占地面积达150平米，重若30吨，耗电若150千瓦；做一次加法若200微秒，一次乘法若2000微秒。

晶体管



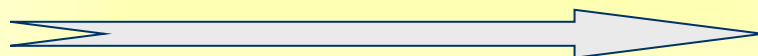
晶体管是第二代计算机的主要元器件。例如，国产121机。该机的运算器、控制器、存储器被分为三个大机柜，加上外围设备后，需占用几十平米的机房。

小规模  
集成电路



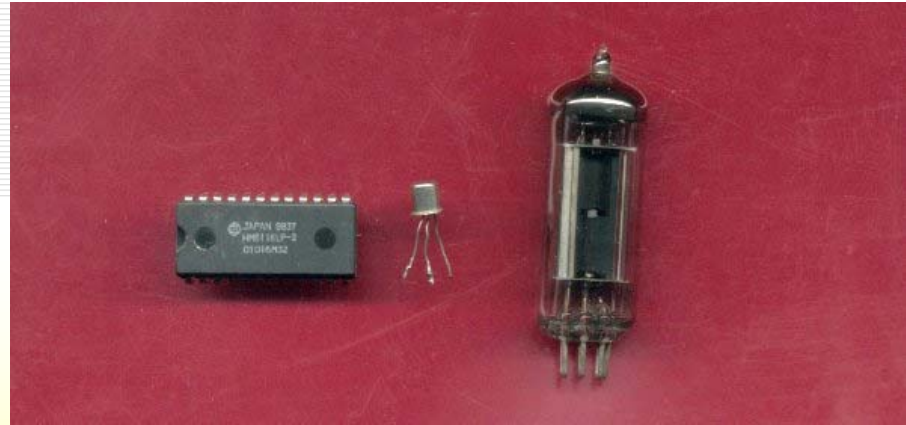
小规模集成电路是第三代计算机的主要元器件。例如，国产130机。该机的运算器、控制器、存储器被分为三块插件板组装在同一机柜中，使整机体积大大缩小。

大规模  
集成电路

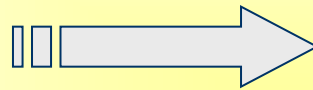


中大规模集成电路的出现，导致了第四代计算机的问世。典型产品是微型计算机！





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！