基本逻辑门电路和组合逻辑电路

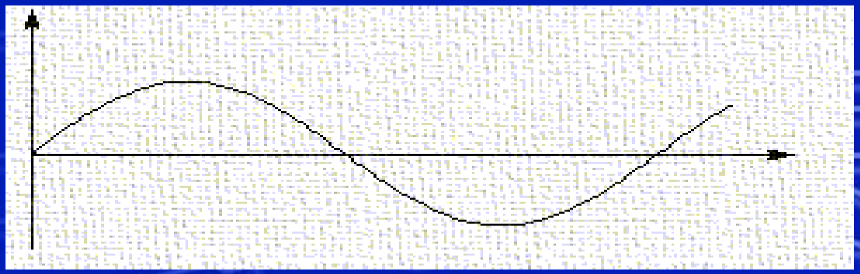
数字电路与数字信号

电子电路分类
- 模拟电路：传递、处理用时间幅度连续的电压或电流值来表示信息的电子电路
- 数字电路：传递、处理用时间幅度离散的电压序列来表示信息的电子电路

模拟信号

时间上和幅度上都

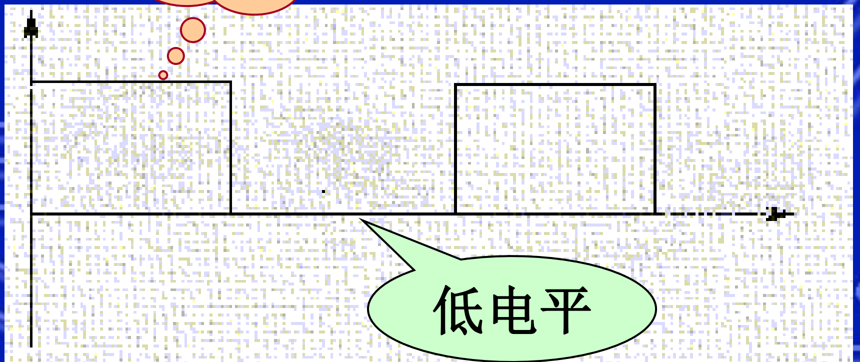
连续变化的信号



数字信号

时间上和幅度上都

断 号



基本概念

- 数字电路研究的对象：是数字电路的输出与输入之间的因果关系，也就是说研究电路的逻辑关系。

数字电路的分类

➢根据电路结构不同分类

分立元件电路	集 成 电 路
将晶体管、电阻、电容等元器件用导线在线路板上连接起来的电路。	将上述元器件和导线通过半导体制造工艺做在一块硅片上而成为一个不可分割的整体电路。

数字电路的分类-根据集成密度不同分类

集成电路的分类	集成度	电路规模与范围
小规模集成电路SSI	1～10门/片，或10 ～100个元件/片	逻辑单元电路 包括:逻辑门电路、集成触发器
中规模集成电路MSI	10～100门/片，或100～1000个元件/片	逻辑部件 包括:计数器、译码器、编码器、数据选择器、寄存器、算术运算器、比较器、转换电路等
大规模集成电路LSI	100～10000门/片，或1000～100000个元件/片	数字逻辑系统 包括:中央控制器、存储器、各种接口电路等
超大规模集成电路VLSI	大于10000门/片，或大于10万个元件/片	高集成度的数字逻辑系统 包括:各种型号的单片机和控制器

数字电路的优点

- 便于高度集成化。
- 工作可靠性高、抗干扰能力强。
- 数字信息便于长期保存。
- 数字集成电路的产品系列多、通用性强、成本低。
- 保密性好，数字信息容易进行加密处理，不易被窃取。

二极管和三极管的开关特性

二极管的开关特性

二极管导通

二极管截止

三极管的开关特性

截止：电流为0

饱和：　V_{CES}=0.1～0.3V

计数体制

- 数的组成和由低位向高位进位的规则称为数制。

- 在数字系统中，常用的数制包括十进制数(Decimal)，二进制数(Binary)，八进制数(Octal)和十六进制数(Hexadecimal)。

计数体制

- 数的表示涉及到两个基本概念：
- 权和基数
  - 权是一个与相应数位有关的常数，它与该数位的数码相乘后，可得到该数位的数码代表的数值。
  - 基数是一个正整数，它等于相邻数位上权的比。

十进制数

- 例：666.66
- $666.66=6\times10^{2}+6\times10^{1}+6\times10^{0}+6\times10^{-1}+6\times10^{-2}$

特点：1)基数10，逢十进一，即9+1=10

2) 0-9十个数字符号

3)不同位上的数具有不同的权值10^{i}。

4)任意一个十进制数，都可按其权位展成多项式的形式。

二进制数

- 组成：0、1
- 进位规则：逢二进一
- 一个二进制数M_2可以写成：

二进制数

- 一个二进制数的最右边一位称为最低有效位，常表示为**LSB**(Least Significant Bit)，
- 最左边一位称为最高有效位，常表示为**MSB**(Most Significant Bit)。
- 例：试标出二进制数11011.011的LSB，MSB位，写出各位的权和按权展开式，求出其等值的十进制数。

二进制数

MSB							LSB
↑							↑
1	1	0	1	1 .	0	1	1
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}

- $M_2=11011.011_2=1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}=27.375_{10}$

八进制数和十六进制数

- 1.八进制数
- 组成：
- 进位规则：
- 权值：
- 基数：

八进制数和十六进制数

- **2.十六进制数**
- **组成：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、*A*、*B*、*C*、*D*、*E*、*F***
- **进位规则：逢十六进一**

数制间的转换

- 非十进制数 → 十进制数
- 方法：多项式求和。将非十进制数各位的数码乘以对应的权再累加起来。
- 一个*R*进制数转换成十进制数的过程可用下式表示：

$$(a_{n-1}\ldots a_0 a_{-1}\ldots a_{-m})_R=(a_{n-1}\times R^{n-1}+\ldots+a_0\times R^0+a_{-1}\times R^{-1}+\ldots+a_{-m}\times R^{-m})_{10}$$

数制间的转换

- 【例】 将$(10011.101)_2$转换成十进制数。
- 解：$(10011.101)_2=(2^4+2^1+2^0+2^{-1}+2^{-3})_{10}$

$$=(16+2+1+0.5+0.125)_{10}$$

$$=(19.625)_{10}$$

数制间的转换

- 【例】 将$(24.2)_8$转换成十进制数。
- 解：$(24.2)_8=(2\times 8^1+4\times 8^0+2\times 8^{-1})_{10}$

$$=(16+4+0.25)_{10}$$

$$=(20.25)_{10}$$

【例】 将$(A3.4)_{16}$转换成十进制数。

解： $(A3.4)_{16}=(A\times 16^1+3\times 16^0+4\times 16^{-1})_{10}$

$$=(160+3+0.25)_{10}$$

$$=(163.25)_{10}$$

数制间的转换

- 十进制数 → 非十进制数
  - 采用将M_{10}的整数部分和小数部分分别转换
  - 整数部分的转换一般采用除基取余法 **(Radix Divide Method)**
  - 小数部分的转换一般采用乘基取整法 **(Radix Multiply Method)** 。

数制间的转换

(1) 整数部分转换

- 在转换中，除以*R*一直进行到商数为0止。除法的余数部分就是系数。

- 这就是所谓除基取余法(**Radix Divide Method**)。

- 例：将十进制数25_{10}转换为二进制数。
- 解：

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 25 & \\
2 & 12 & 余1=a_0 \\
2 & 6 & 余0=a_1 \\
2 & 3 & 余0=a_2 \\
2 & 1 & 余1=a_3 \\
 & 0 & 余1=a_4
\end{array}
$$

$\therefore 25_{10}=11001_2$

数制间的转换

(2)小数部分转换

- 在转换过程中，乘*R*过程一直继续到所需位数或达到小数部分为0止，乘积的整数部分就是系数。
- 这就是所谓乘基取整法(**Radix Multiply Method**)。

- 例：将0.25_{10}转为二进制数。
- 解：$0.25_{10} \times 2 = 0.5$ 取整数部分$=0=a_{-1}$
- $0.5_{10} \times 2 = 1.0$ 取整数$=1=a_{-2}$
- 即$0.25_{10}=0.01_2$
- 由上两例可得$25.25_{10}=11001.01_2$

二进制数和八进制数之间的转换

- 二进制数→八进制数

  从小数点处开始，分别向左、右按每三位分为一组，每组就对应一位八进制数，组合后即得到转换的八进制数。

- 八进制数→二进制数

  把每位八进制数写成等值的三位二进制数，即得到二进制数。

- 例：将1011011.1010111_2转换为八进制数。
- 解：

00 1 011 011.101 011 1 00

1　3　3 . 5　3　4

∴ $1011011.1010111_2 = 133.534_8$

- 例：将八进制数274_8转换成二进制数。
- 解：

$$\begin{array}{ccc} 2 & 7 & 4 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 010 & 111 & 100 \end{array}$$

$\therefore\ 274_8 = 10111100_2$

3.二进制数与十六进制数之间的转换

- 二进制数→十六进制数

将二进制数从小数点处开始，分别向左、右按每四位分为一组，每组用相应的十六进制数表示，组合后可得到相应的十六进制数。

- 十六进制数→二进制数

把每位十六进制数写成等值的四位二进制数。

- 例：将10101111.0001011011_2转换成十六进制数。
- 解：

1010	1111	.	0001	0110	1100
↓	↓		↓	↓	↓
A	F	.	1	6	C

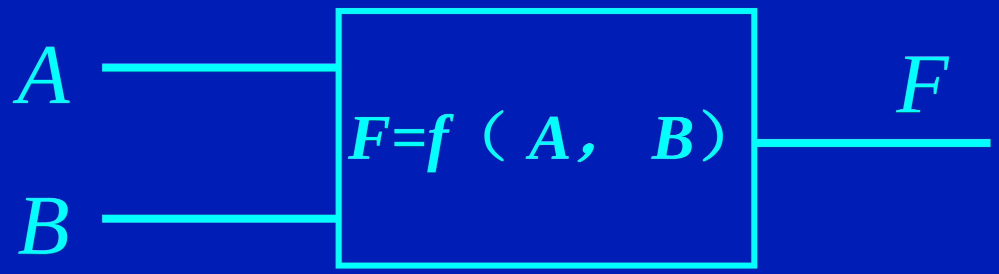
$$\therefore\ 10101111.0001011011_2 = AF.16C_{16}$$

逻辑代数基础

- 基本概念
- 逻辑：事件的因果关系
- 逻辑运算的数学基础：逻辑代数
- 逻辑代数的变量取值：0、1

逻辑代数基础

- 逻辑代数是表示逻辑变量之间的逻辑关系。
- 引进逻辑变量、逻辑函数两个术语。



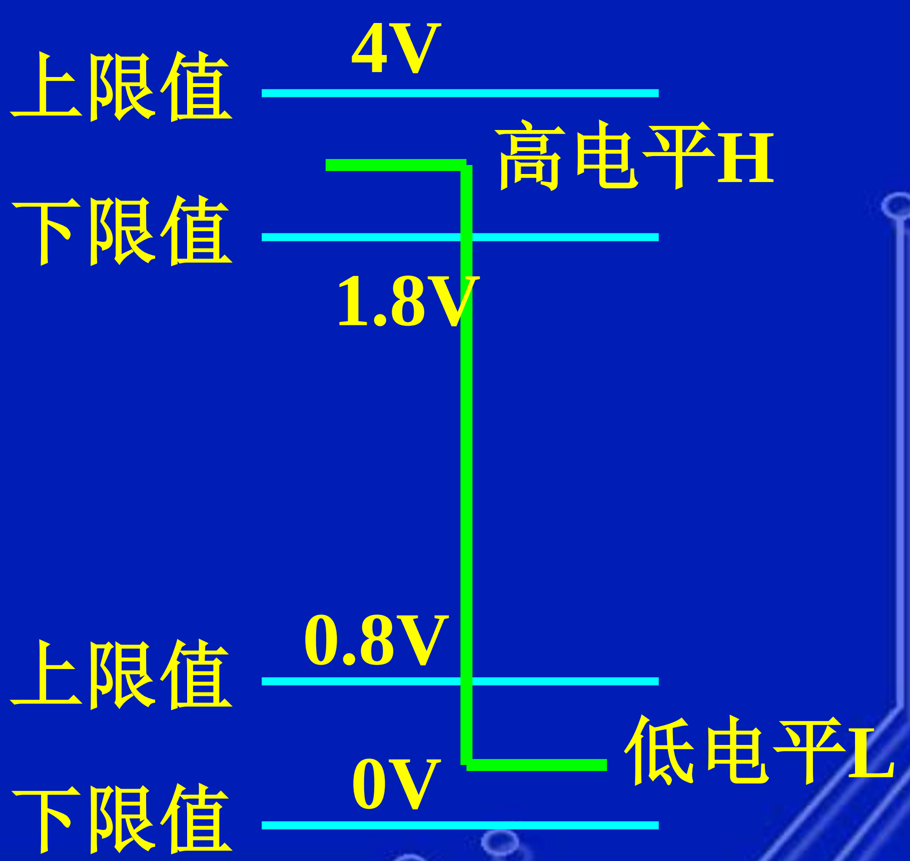
- 逻辑变量具有逻辑属性

1.逻辑电路中的几个问题

- (1)逻辑值的概念
- 在数字系统中，通常用逻辑真和逻辑假状态来区分事物的两种对立的状态。
- 逻辑真状态用‘1’表示；逻辑假状态用‘0’来表示。
- 0、1只有逻辑上的含义，已不表示数量上的大小。

(2)高、低电平的概念

- 把两个不同的电位与逻辑真、假两个逻辑状态对应。
- 把其中一个相对电位较高者称为逻辑高电平，简称高电平，用H表示。
- 而相对较低者称为逻辑低电平，简称低电平，用L表示。



(3)状态赋值和正、负逻辑的概念

- 状态赋值：数字电路中，用符号1和0表示高电平和低电平，叫做状态赋值。
- 正逻辑：在状态赋值时，如果用1表示高电平，用0表示低电平，则称为正逻辑赋值，简称正逻辑。
- 负逻辑：在状态赋值时，如果用0表示高电平，用1表示低电平，则称为负逻辑赋值，简称负逻辑。

2.基本逻辑运算和基本逻辑门

- 基本逻辑运算有：逻辑与、逻辑或和逻辑非。
- 实现这三种逻辑运算的电路，称作基本逻辑门。

(1)逻辑与（乘）运算

- 只有决定一件事情的全部条件同时具备之后，结果才能发生，这种因果关系为“逻辑与”或“逻辑乘”。

(1)逻辑与（乘）运算

- 如图1-7示照明电路，开关*A*、*B*合上作为条件，灯亮为结果，只有两个开关全合上时，灯才会亮，否则灯不亮。灯和开关之间符合与逻辑关系。

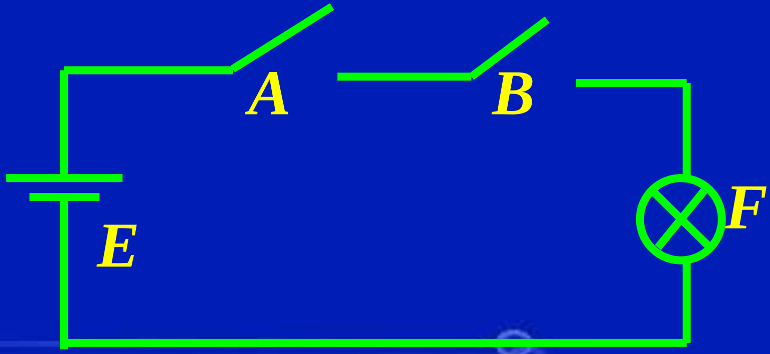
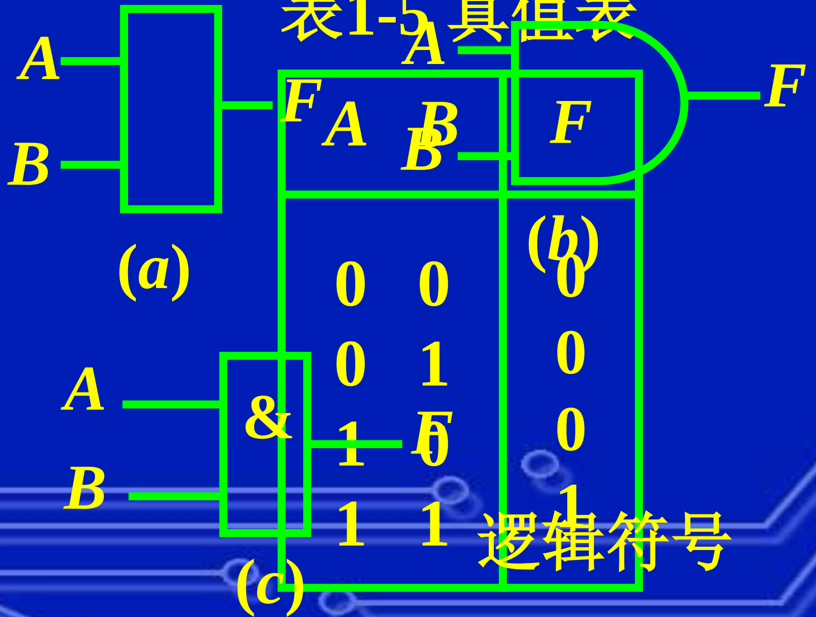


图1-7 与逻辑电路

表1-5 真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



逻辑符号

(1)逻辑与（乘）运算

- 逻辑真值表：经过状态赋值之后所得到的由文字和符号0、1组成的，用于描述输入和输出的所有状态的表格。简称真值表。
- 逻辑与的逻辑关系表达式写成 $F=A \cdot B$
- 与逻辑功能可记成：“有0为0，全1为1”
- 与运算规则：$0 \cdot 0=0$；　$0 \cdot 1=0$；　$1 \cdot 0=0$；　$1 \cdot 1=1$
- $A \cdot 0=0$；　$A \cdot 1=A$；　$0 \cdot A=0$；　$1 \cdot A=A$

(2)逻辑或（加）运算

- 决定一件事情的几个条件中，只要有条件之一具备，结果就会发生，这种因果关系称为“或逻辑”，也称“逻辑加”。

(2)逻辑或（加）运算

- 图1-8为两个开关并联的照明电路。只要有一个或一个以上（二个）开关闭合，灯就会亮。只有开关都断开时，灯灭。灯亮和开关之间的关系是“或逻辑”关系。

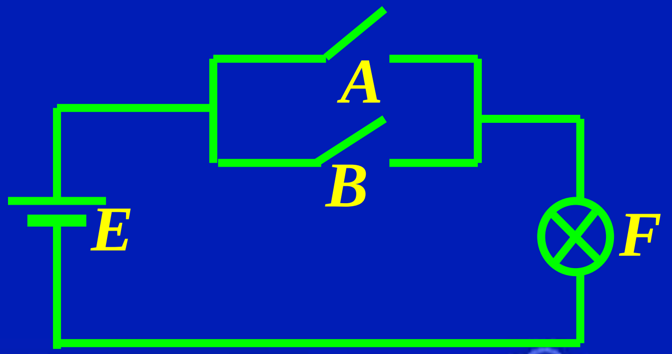
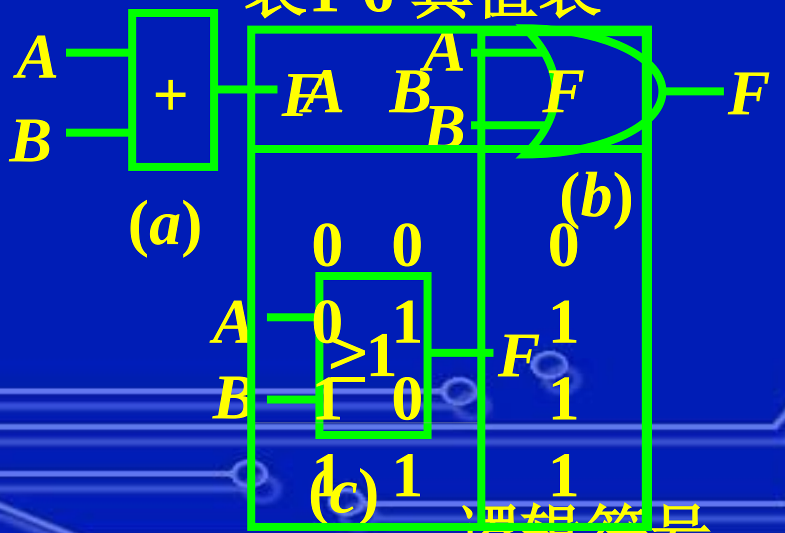


图 1-8 或 逻 辑 电 路

（参见P_{10}图1-8）

表1-6 真值表

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



逻辑符号

(2)逻辑或（加）运算

- 逻辑或的逻辑关系表达式 $F=A+B$
- 或逻辑功能可记成“有1为1，全0为0”。
- 由真值表看出0+0=0；0+1=1；1+0=1；1+1=1，从而推出 $A+0=A$；$A+1=1$；$A+A=A$。
- 在逻辑加中1+1=1，1+1+⋯+1=1。

(3)逻辑非运算

- 条件具备时结果不发生，条件不具备时结果反而发生，这种因果关系是逻辑非。非也称为取反。

(3)逻辑非运算

- 如图1-9示照明电路，开关*A*合上时灯灭；开关*A*断开时灯亮。开关合上这一条件具备时灯亮这一结果不发生。满足非逻辑关系。同样可列出以0和1表示*A*和*F*之间的逻辑关系的真值表。

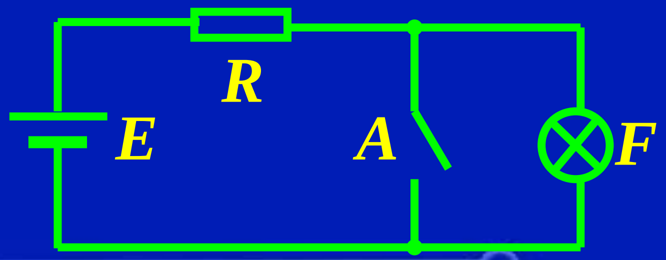
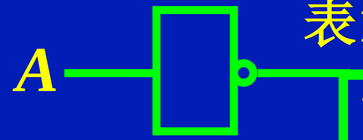


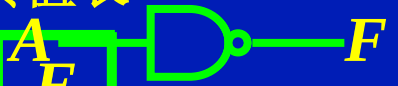
图1-9非逻辑电路

表1-7 真值表

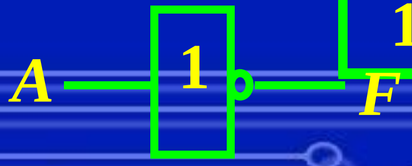
A	F
0	1
1	0



(*a*)



(*b*)



(*c*)

逻辑图

(3)逻辑非运算

- 逻辑非的逻辑表达式写成

(4) 复合逻辑运算

- 与、或、非为三种基本逻辑运算。
- 用与、或、非组合而成的逻辑------复合逻辑。
- 复合逻辑常见的有与非、或非、异或、同(或)运算等。