

# 第一章 数字逻辑概论

➔ 数字电路概述

➔ 数制与数码

➔ 逻辑门电路基础

➔ 本章小结

在电子技术中，被传递和处理的信号可分为模拟信号和数字信号两大类。本章之前所学的电路处理的是时间上和数值上均是连续变化的模拟信号，属于模拟电路的范畴。从第十章开始，所介绍的电路处理的是时间上和数值上均是离散的、不连续变化的脉冲数字信号，属于数字电路的范畴。本章主要介绍数字电路的基础知识。

## 第一节 数字电路概述

### 一、数字电路的特点

- ◆ 电路结构简单，工作简单稳定可靠。
- ◆ 数字电路抗干扰能力强。
- ◆ 可以进行逻辑运算和判断。
- ◆ 数字电路中元件处于开关状态，功耗较小。

由于数字电路具有上述特点，故发展十分迅速，在计算机、数字通信、自动控制、数字仪器及家用电器等技术领域中得到广泛的应用。



## 二、脉冲信号

脉冲信号是指持续时间极短的电压或电流信号，常见的脉冲波形有：矩形波、锯齿波、尖脉冲、阶梯波等。



(a) 矩形波

(b) 锯齿波



(c) 尖脉冲

(d) 阶梯波

◆ 脉冲幅值  $V_m$  表示脉冲电压的最大值，其值等于脉冲底部至脉冲顶部之间的电位差。

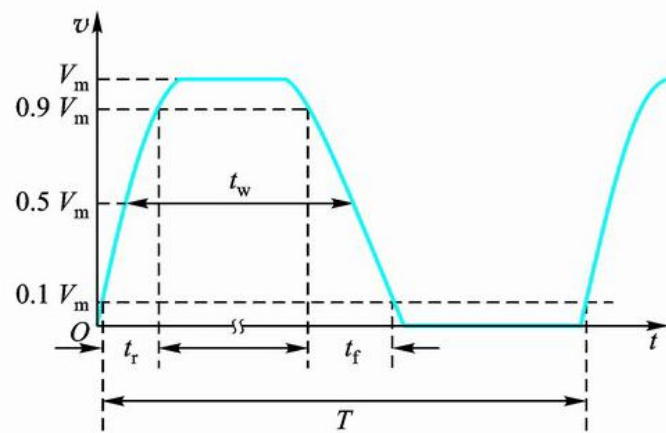
◆ 脉冲上升时间  $t_r$  表示脉冲前沿从  $0.1V_m$  上升到  $0.9V_m$  所需的时间。

◆ 脉冲下降时间  $t_f$  表示脉冲后沿从  $0.9V_m$  下降到  $0.1V_m$  所需的时间。

◆ 脉冲宽度  $t_w$  由脉冲前沿  $0.5V_m$  到脉冲后沿  $0.5V_m$  之间的时间。

◆ 脉冲周期  $T$  对于周期性脉冲，脉冲周期指相邻两脉冲波对应点之间的间隔时间，其倒数为脉冲的频率  $f$ ，即  $f = \frac{1}{T}$ 。

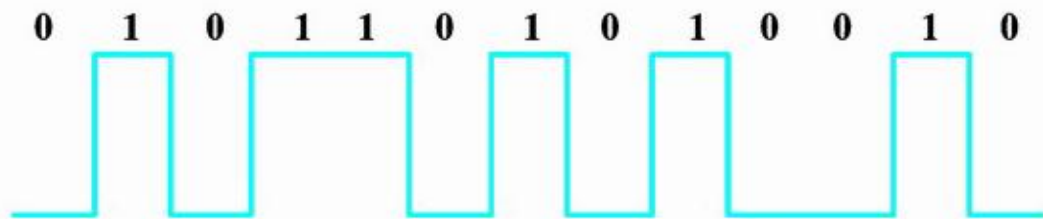
◆ 占空比  $D$  脉冲宽度  $t_w$  与脉冲周期  $T$  之比，称为占空比，即  $D = \frac{t_w}{T}$



矩形脉冲主要参数

### 三、数字信号

通常把脉冲的出现或消失用 1 和 0 来表示，这样一串脉冲就变成由一串 1 和 0 组成的代码，这种信号称为数字信号。



数字信号

需注意的是数字信号的 0 和 1 并不表示数量的大小，而是代表电路的工作状态，如开关、二极管、三极管导通用 1 状态表示；反之，器件截止时就用 0 状态表示。

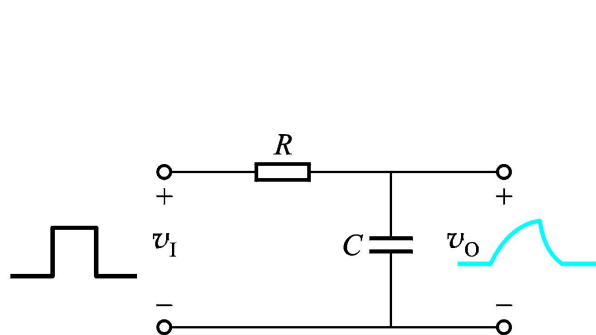
若规定高电平(3~5V)为逻辑 1，低电平(0~0.4V)为逻辑 0，称为**正逻辑**。

反之，若规定高电平为逻辑 0，低电平为逻辑 1，则称为**负逻辑**。

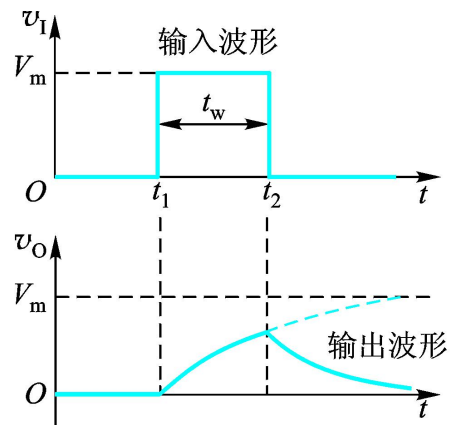
## 第二节 RC电路的应用

### 一、RC 微分电路

RC微分电路是一种常用的波形变换电路，能够将矩形脉冲波变换成尖脉冲。通常用来作为触发器、计数器、开关电路的触发信号。



微分电路



微分电路波形图

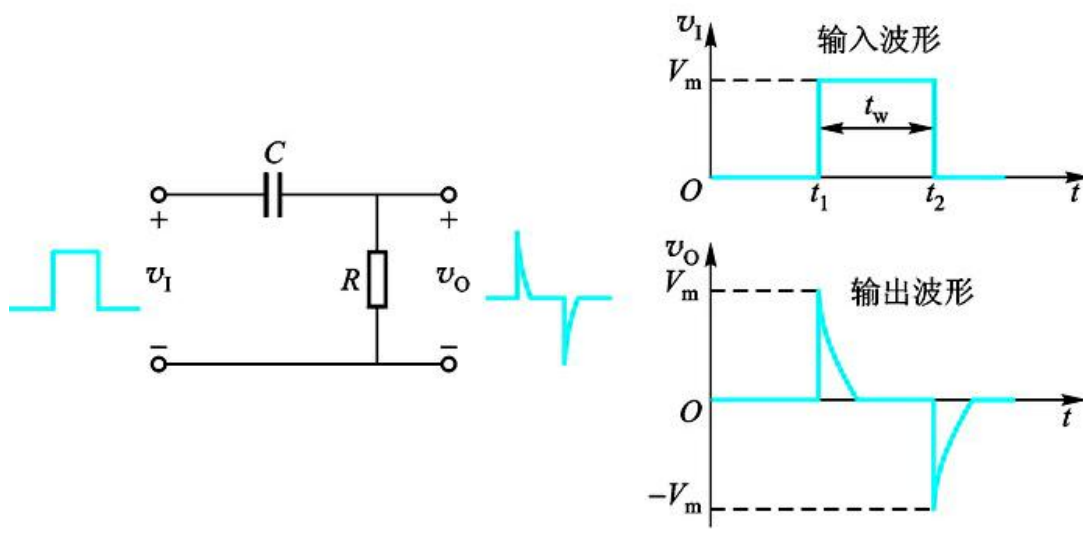
RC微分电路的输出波形要形成尖脉冲必须具备以下条件：电路的时间常数 $\tau=RC$ 应远小于矩形波脉冲宽度 $t_w$ ，即 $\tau \ll t_w$ 。

通常，当 $\tau \leq t_w$ 时，可以认为满足条件。

## 二、RC 积分电路

RC积分电路也是一种常用的波形变换电路，它可以把矩形波变换成锯齿波。

RC积分电路通常用来作为数字电路的延时器、定时器的定时元件，在电视机中可利用积分电路从复合行、场同步信号中取出场同步脉冲。



积分电路

积分电路波形图

积分电路要求电路的RC时间常数  $\tau$  应远大于脉冲宽度  $t_w$ ，即  $\tau \gg t_w$ 。通常，当  $\tau \geq 3t_w$  时，可以认为满足条件。

## 第三节 数制与码制

### 一、数制

选取一定的进位规则，用多位数码来表示某个数的值，这就是所谓的数制。

#### 1. 十进制数

十进制数有0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9共十个符号，我们称这些符号为数码。十进制数运算加法时遵循“逢十进一”，减法时遵循“借一当十”。

十进制数中，数码的位置不同，所表示的值就不相同，分个位、十位、百位...，如：

$$(N)_{10} = k_{n-1} \times 10^{n-1} + k_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + k_1 \times 10^1 + k_0 \times 10^0 + k_{-1} \times 10^{-1} + k_{-2} \times 10^{-2} + \dots$$

十进制数用数学式表示的通式为：



## 2. 二进制数

二进制数仅有0和1两个不同的数码。进位规则为“逢二进一”；借位规则为“借一当二”。对于任意一个二进制数可表示为：

$$(N)_2 = k_{n-1} \times 2^{n-1} + k_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + k_1 \times 2^1 + k_0 \times 2^0 + k_{-1} \times 2^{-1} + k_{-2} \times 2^{-2} + \dots$$

例如，二进制数 (10110.1)

$${}_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$$

## 3. 十六进制

十六进制是“逢十六进一”，十六进制有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F共16个不同的数码。

$$\begin{aligned} \text{例如，十六进制数 } (3AE)_{16} &= 3 \times 16^2 + A \times 16^1 + E \times 16^0 \\ &= 3 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 14 \times 16^0 \end{aligned}$$

与十进制对应的二进制、十六进制

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

#### 4. 不同数制的转换

(1) 二进制数转换为十进制数 转换方法是：把二进制数按权展开，再把每一位的位值相加，即可得到相应的十进制数。

例题 将二进制 $(101)_2$ 转化为十进制数。

解： $(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (5)_{10}$

(2) 十进制整数转换为二进制数 转换方法是：把十进制数逐次地用2除取余数，一直除到商数为零。然后将先取出的余数作为二进数的最低位数码。

例题 将十进制数19转化为二进制数

解：

2	$\overline{19}$	
2	$\overline{9}$	余 1, 即 $k_0 = 1$
2	$\overline{4}$	余 1, 即 $k_1 = 1$
2	$\overline{2}$	余 0, 即 $k_2 = 0$
2	$\overline{1}$	余 0, 即 $k_3 = 0$
0		余 1, 即 $k_4 = 1$

所以  $(19)_{10} = (k_4 k_3 k_2 k_1 k_0)_2 = (10011)_2$

(3) 二进制数转换为十六进制数 转换方法是：把每四位二进制数用对应的十六进制数表示。

例题 将 $(11010110101.1100101)_2$ 转换为十六进制数。

解： 二进制数    0110 1011 0101 . 1100 1010

十六进制数    6    B    5    .    C    A

即 $(011010110101.11001010)_2=(6B5.CA)_{16}$

(4) 十六进制数转换为二进制数 转换方法是：将每个十六进制数用四位二进制数表示。

例题 将十六进制数 $(7E6AD)_{16}$ 转化为二进制数。

解：  $(7E6AD)_{16}=(0111 1110 0110 1010 1101)_2$

## 二、码制

用于表示十进制数的二进制代码称为二一十进制代码(Binary Coded Decimal) 简称为BCD码。常用的BCD码有：8421码、5421码、余3码等。

十进制	8421码	5421码	余3码
0	0000	0000	0011
1	0001	0001	0100
2	0010	0010	0101
3	0011	0011	0110
4	0100	0100	0111
5	0101	1000	1000
6	0110	1001	1001
7	0111	1010	1010
8	1000	1011	1011
9	1001	1100	1100

# 第四节 逻辑门电路基础

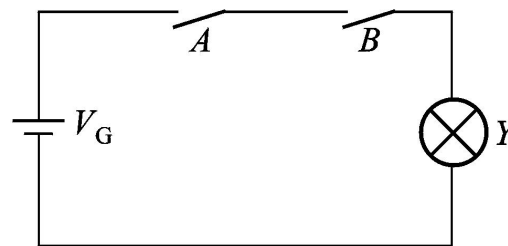
能够实现一定逻辑功能的电路称为逻辑门电路。

## 一、基本逻辑门

### 1. 与逻辑门

(1) 与逻辑关系

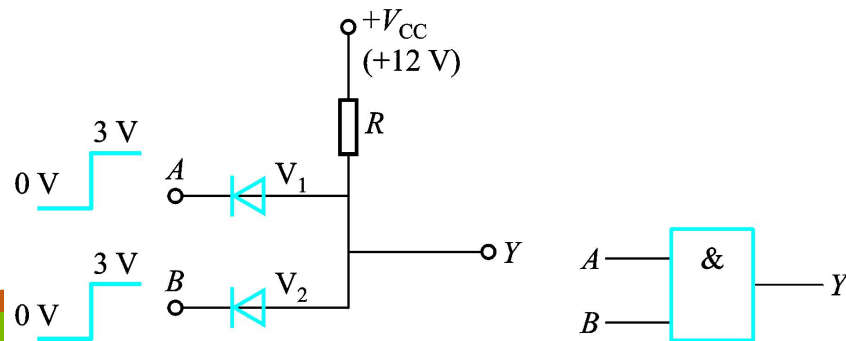
$$Y=A \cdot B$$



与逻辑实例

(2) 二极管与门电路

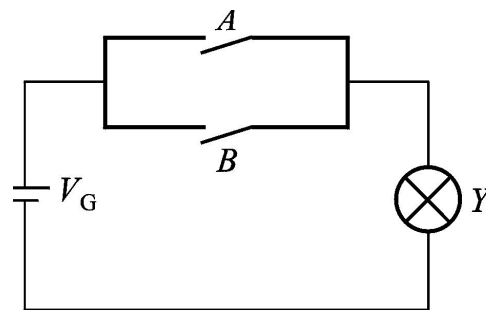
“全1出1，有0出0”



## 2. 或逻辑门

### (1) 或逻辑关系

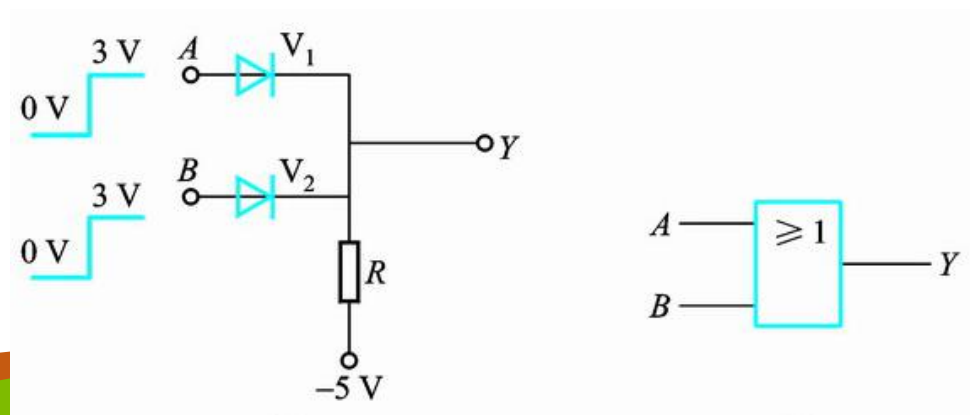
$$Y=A+B$$



或逻辑实例

### (2) 二极管或门电路

“有1出1，全0出0”



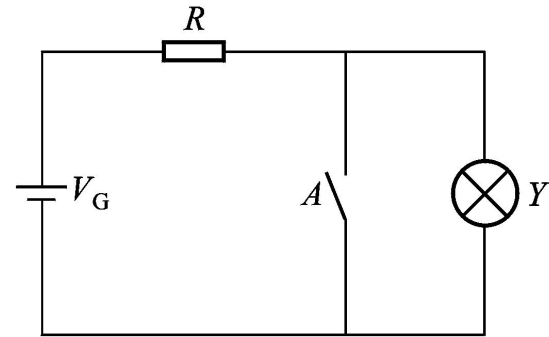
或 门 电 路

或门图形符号

### 3. 非逻辑门

#### (1) 非逻辑关系

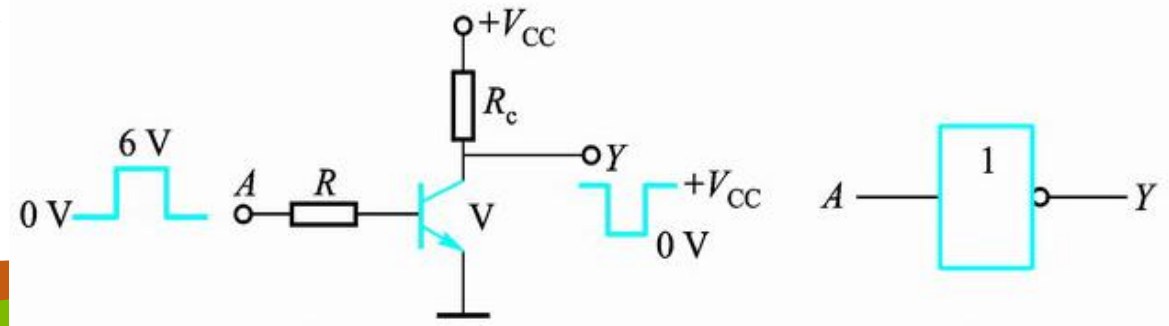
$$Y = \bar{A}$$



非逻辑实例

#### (2) 三极管非门电路

“入0出1，入1出0”

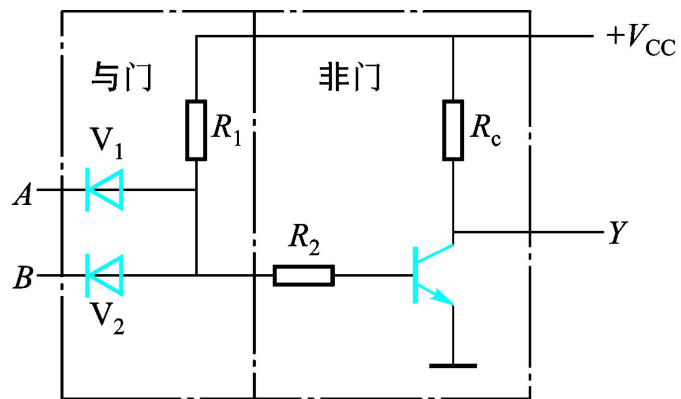


非门原理电路

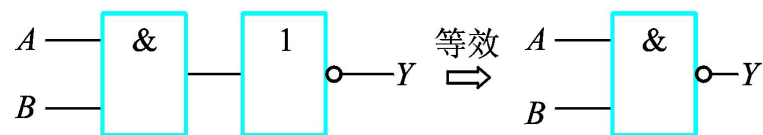
非门图形符号

## 二、复合逻辑门

### 1. 与非门



(a)



(b)

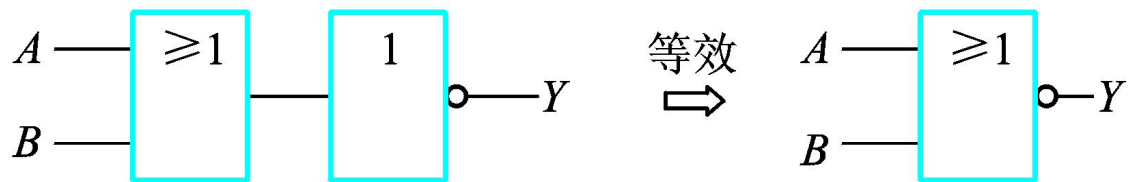
与非门的逻辑函数式为  
“有0出1，全1出0”  $Y = \overline{AB}$

，其逻辑符号与门符号



## 2. 或非门

在或门后串联非门就构成或非门，如图所示。

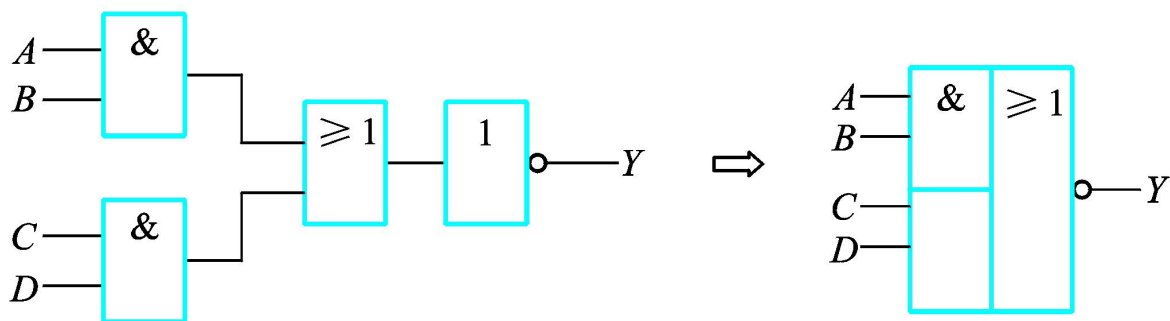


或非门逻辑结构及电路符号

或非门的逻辑函数式为  $Y = A + B$ ，其逻辑功能可归纳为“有1出0，全0出1”

### 3. 与或非门

与或非的逻辑结构图及电路符号如下图所示。

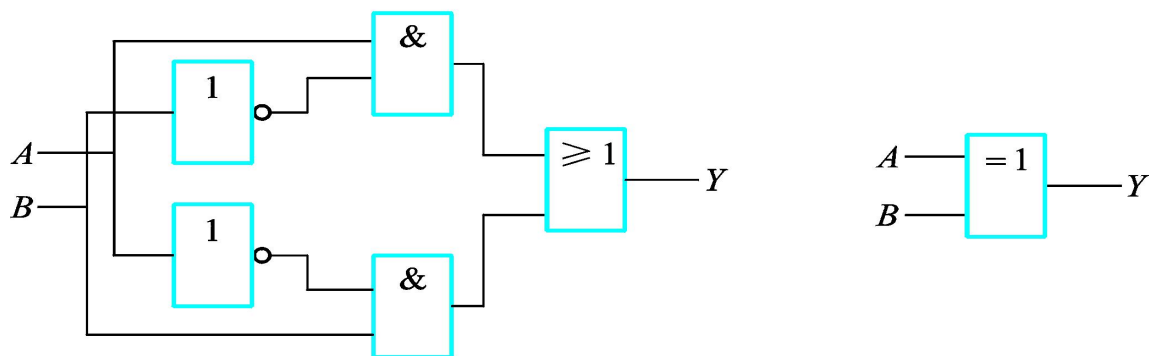


与或非门逻辑结构及电路符号

与或非门的逻辑函数式为  $Y = \overline{AB \mid CD}$ ，其逻辑功能为：当输入端的任何一组全1时，输出为0；任何一组输入都至少有一个为0时，输出端才能为1。

## 4. 异或门

异或门的逻辑结构与电路符号如下图所示。



### 异或门逻辑结构及电路符号

其逻辑函数表达式为  $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$  ，其逻辑功能为：当两个输入端的一端为0，另一个为1时，输出为1；而两个输入端均为0或均为1时，输出为0。

# 本章小结

1. 数字电子技术是有关数字信号的产生、整形、编码、存储、计数和传输的科学技术。由脉冲组成的数码称为数字信号。脉冲的主要参数有幅度、上升时间、下降时间、脉冲宽度、脉冲周期等。

2. 数的进制有十进制、二进制和十六进制等，在数字电路中主要用二进制数。

4. 基本逻辑门电路有：与门、或门、非门三种，由基本门组成复合门有：与非门、或非门、与或非门和异或门等，它们是构成各种数字电路的基本单元。