

数字电路

Digital Circuits

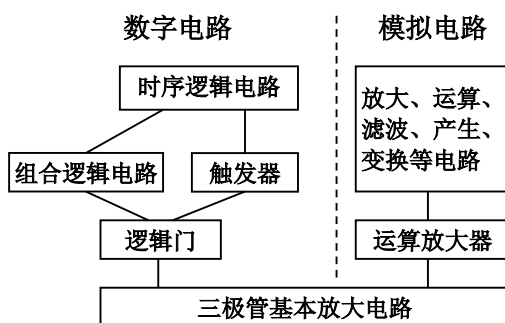
06_复习(1)

张俊霞
zjx@ustc.edu.cn

数字电路与模拟电路

- 数字电路
 - 处理在时间上和幅值上均是离散的数字信号
 - 研究电路输出和输入之间的逻辑关系
 - 按功能分为：组合逻辑电路和时序逻辑电路
- 模拟电路
 - 处理在时间上和幅值上均是连续的模拟信号
 - 研究信号在处理过程中的波形变化
 - 功能有信号产生、放大、运算、滤波、变换等

电子电路的层次



不同进制相互转换

- 任意进制 \rightarrow 十进制
 - 按位加权求和
- 十进制 \rightarrow 任意进制
 - 整数部分：除基取余，先得较低位
 - 小数部分：乘基取整，先得较高位
- 二、八、十六进制之间
 - 二进制 \rightarrow 八/十六进制：每3/4位分组转换
 - 八/十六进制 \rightarrow 二进制：每位转换成3/4位二进制数码

$$(N)_R = \sum_{i=m}^{n-1} k_i * R^i$$

整数表示

- 无符号整数
 - 直接用二进制数表示即可
- 有符号整数—常用原码、反码和补码表示
 - 最高位表示符号：0-正数，1-负数
 - 余下位表示数值
- 对于正数，三种码相同，余下位=数值位
- 对于负数，三种码不同
 - 原码：余下位 = 数值位
 - 反码：余下位 = 取反(数值位)
 - 补码：余下位 = 取反(数值位) + 1

补码加减运算

- 加法
 - $(X + Y)_{补} = (X)_{补} + (Y)_{补}$
- 减法
 - $(X - Y)_{补} = (X)_{补} + \overline{(Y)_{补}} + 1$
- 溢出：运算结果超出了补码的表示范围
 - n位二进制补码的表示范围： $-2^{n-1} \sim +2^{n-1}-1$
 - 判别方法：比较符号位进位和最高数值位进位，若不相同，则溢出(出错)，否则未溢出(正确)

二进制代码

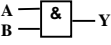
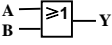
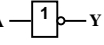
- 用来表示不同事物的二进制数码
 - 编码：以一定的规则，编制代码的过程
 - 译码：将代码还原成所表示事物的过程
 - 码制：编制代码所要遵循的规则
- 二进制代码的位数 n ，与待编码事物的个数 N 之间应满足： $2^n > N$
- 常用代码：ASCII码、BCD码、校验码、格雷码

BCD码

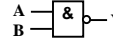
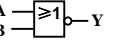
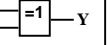

- 二-十进制码
 - 用4位二进制数码，来表示一位十进制数码
- 常用BCD码
 - 8421码、5421码、2421码、余3码、余3循环码等

十进制数	8421码	2421码	5421码	余3码	余3循环码
0	0000	0000	0000	0011	0010
1	0001	0001	0001	0100	0110
2	0010	0010	0010	0101	0111
3	0011	0011	0011	0110	0101
4	0100	0100	0100	0111	0100
5	0101	1011	1000	1000	1100
6	0110	1100	1001	1001	1101
7	0111	1101	1010	1010	1111
8	1000	1110	1011	1011	1110
9	1001	1111	1100	1100	1010

逻辑代数基本运算

	与	或	非																																								
逻辑式	$Y=A \cdot B = AB$	$Y=A+B$	$Y=\bar{A}$																																								
真值表	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	Y	0	1	1	0	0	1	1	0
A	B	Y																																									
0	0	0																																									
0	1	0																																									
1	0	0																																									
1	1	1																																									
A	B	Y																																									
0	0	0																																									
0	1	1																																									
1	0	1																																									
1	1	1																																									
A	Y																																										
0	1																																										
1	0																																										
0	1																																										
1	0																																										
逻辑符号																																											
特点	全1得1	有1得1	取反																																								

常用复合逻辑运算

与非	或非	异或	同或																																																												
$Y=\overline{A \cdot B}$	$Y=\overline{A+B}$	$Y=A \oplus B$	$Y=A \odot B$																																																												
<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>Y</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	Y																																																													
0	0	1																																																													
0	1	1																																																													
1	0	1																																																													
1	1	0																																																													
A	B	Y																																																													
0	0	1																																																													
0	1	0																																																													
1	0	0																																																													
1	1	0																																																													
A	B	Y																																																													
0	0	0																																																													
0	1	1																																																													
1	0	1																																																													
1	1	0																																																													
A	B	Y																																																													
0	0	1																																																													
0	1	0																																																													
1	0	0																																																													
1	1	1																																																													
																																																															
全1得0	有1得0	不同得1	相同得1																																																												

逻辑代数基本定律和基本规则

- 0-1律： $A \cdot 0=0$, $A \cdot 1=A$; $A+1=1$, $A+0=A$
- 重迭律： $A \cdot A=A$; $A+A=A$
- 互补律： $A \cdot \bar{A}=0$; $A+\bar{A}=1$
- 交换律： $A \cdot B=B \cdot A$; $A+B=B+A$
- 结合律： $A(BC)=(AB)C$; $A+(B+C)=(A+B)+C$
- 分配律： $A(B+C)=AB+AC$; $A+BC=(A+B)(A+C)$
- 反演律： $\overline{AB}=\bar{A} + \bar{B}$; $\overline{A+B}=\bar{A} \cdot \bar{B}$ **德·摩根定理**
- 还原律： $\bar{\bar{A}} = A$
- 基本规则：代入规则、反演规则、对偶规则

逻辑函数

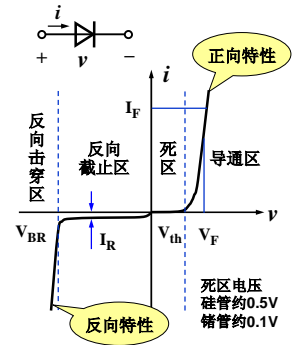
- 逻辑变量
 - 只有0和1两种取值，0、1表示完全对立的逻辑状态
- 逻辑函数
 - 描述输出逻辑变量和输入逻辑变量之间的因果关系
- 逻辑函数表示方法
 - 逻辑表达式、真值表、逻辑图、波形图、卡诺图、硬件描述语言表示法等
- 逻辑函数式的标准形式
 - 最小项之和、最大项之积
- 逻辑函数化简
 - 卡诺图法和公式法

卡诺图化简步骤

- 根据逻辑函数或真值表填写卡诺图
 - 将逻辑函数中存在的或真值表中为1的最小项对应的方格填1，其它填0（或空）
- 用尽可能少的圈将所有填1方格圈起来
 - 包围圈内的方格数一定是 2^n 个，且包围圈必须呈矩形
 - 同一方格可以被不同的包围圈重复包围，但新增的包围圈中一定要有未曾被包围的方格
- 每个圈写出一个乘积项
 - 保留各项中相同的变量，消去不同的变量
- 将全部乘积项相加即得最简与-或表达式

二极管伏安特性和主要参数

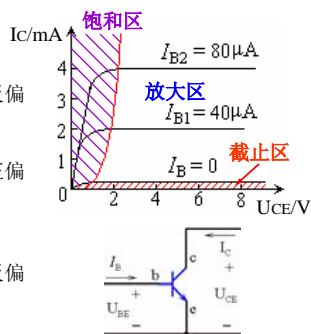
- 最大整流电流 I_F
 - 管子长期运行所允许通过的电流平均值
- 最大反向工作电压 V_{RM}
 - 为确保管子安全工作所允许的最高反向电压
- 反向电流 I_R
 - 室温下加上规定的反向电压时测得的电流
- 正向压降 V_F
 - 通过一定的直流电流时测得的管压降



晶体管伏安特性—输出特性

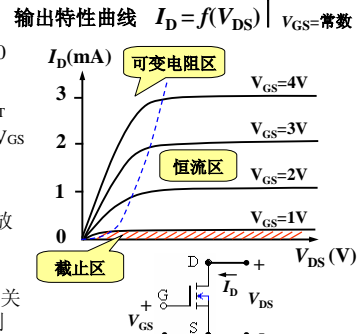
$$I_C = f(U_{CE}) | I_B = \text{常数}$$

- 截止区
 - 发射结和集电结均为反偏
 - $I_B \approx 0, I_C \approx 0$
- 饱和区
 - 发射结和集电结均为正偏
 - I_C 随 U_{CE} 增大而增大
 - $I_C < \beta I_B$
- 放大区
 - 发射结正偏，集电结反偏
 - I_C 与 U_{CE} 无关
 - $I_C = \beta I_B$

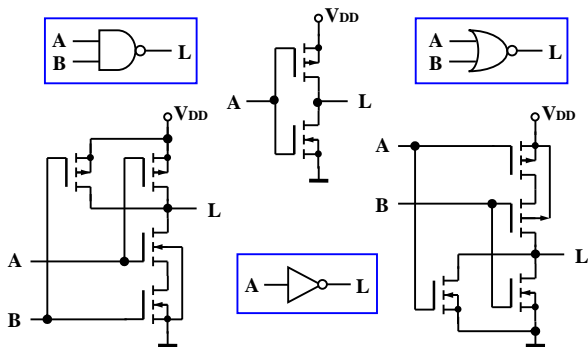


增强型NMOS管特性曲线

- 截止区
 - $V_{GS} < V_T, I_D = 0$
- 可变电阻区
 - $V_{DS} \leq V_{GS} - V_T$
 - 管子相当于受 V_{GS} 控制的电阻
- 恒流区
 - 也称饱和区、放大区
 - $V_{DS} > V_{GS} - V_T$
 - I_D 几乎与 V_{DS} 无关，只受 V_{GS} 控制



CMOS非、与非、或非门



其他逻辑门

- 三态门
 - 输出有三种状态：低电平(0)、高电平(1)和高阻态(Z)
 - 可实现总线功能
- 开路门
 - 集电极开路(OC)或漏极开路(OD)
 - 可实现线与、电平转换功能
- 传输门
 - 实现双向可控开关功能

