

本节内容

算术逻辑
单元

电路基本原理
&加法器设计

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

本节总览

算数逻辑单元

作用、大致原理

电路基础知识

加法器的实现

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

算术逻辑单元 (ALU)

运算器

MQ

ACC

ALU

X

PSW

Arithmetic and Logic Unit

算术运算：加、减、乘、除等

逻辑运算：与、或、非、异或等

辅助功能：移位、求补等

输入信号(操作数)

A_i B_i

控制信号 (指令译码产生)

K_i

输出信号(运算结果)

F_i

实例：

如： $M=1$ 、 $S_3 \sim S_0=1001$ 时，
做逻辑运算 $A \oplus B$

74181 4位ALU

机器字长的真面目

来自控制单元 (CU)

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

最基本的逻辑运算

类比C语言
“&&”

与

“||”

或

“!”

非

表达式

$Y = A \cdot B$

$Y = A + B$

$Y = \bar{A}$

真值表

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

门电路

输入和输出高/低电平信号(5V/1V)

与门的天然逻辑：“屏蔽”

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

最基本的逻辑运算

类比C语言“&&”

与

表达式

$$Y = A \cdot B$$

真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

门电路

“||”

或

表达式

$$Y = A + B$$

真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

门电路

优先级：与>或
(类比乘法、加法)
Eg: $AB+CD$ 先算与再算或

$A(C+D) = AC + AD$ ——分配律
 $ABC = A(BC)$ ——结合律
 $A+B+C = A+(B+C)$ ——结合律

Eg: 实现 $AC+AD$

有何意义?

Tips: 本质上逻辑表达式是对电路的数学化描述, 简化逻辑表达式, 就是在简化电路, 就是在省钱。

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

离散数学
德摩根律

反演律:
 $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
 $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

复合逻辑

与非

表达式

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

真值表

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

电路符号

或非

表达式

$$Y = \overline{A + B}$$

真值表

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

电路符号

异或

表达式

$$Y = A \oplus B$$

真值表

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

电路符号

A和B不同
→ $A=0$ 且 $B=1$ 或 $A=1$ 且 $B=0$
→ $\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$

异或门可用与、或、非组合实现

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

复合逻辑

反演律：
 $\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
 $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

与非

$Y = \overline{A \cdot B}$
 $\overline{A} + \overline{B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

或非

$Y = \overline{A+B}$
 $\overline{A} \cdot \overline{B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

异或

$Y = A \oplus B$

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

同或

$Y = A \odot B$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

回忆：奇偶校验码

【例2-3】 给出两个编码1001101和1010111的奇校验码和偶校验码。

设最高位为校验位，余7位是信息位，则对应的奇偶校验码为：

奇校验：
偶校验：

$\underline{1}1001101$
 $\underline{0}1001101$

$\underline{0}1010111$
 $\underline{1}1010111$

我和你相爱在网络里
爱来爱去都变成回忆

偶校验的硬件实现：各信息进行异或（模2加）运算，得到的结果即为偶校验位

\oplus ：异或（模2加）
 $0 \oplus 0 = 0$
 $0 \oplus 1 = 1$
 $1 \oplus 0 = 1$
 $1 \oplus 1 = 0$

求偶校验位：
 $1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
 $1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$
进行偶校验（所有位进行异或，若结果为1说明出错）：
 $0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
 $1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$

王道考研/CSKAOYAN.COM

8

王道考 研/CSKAOYAN.COM

4

用门电路求偶校验位

异或

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

求偶校验位：
 $1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
 $((1 \oplus 0) \oplus (0 \oplus 1)) \oplus ((1 \oplus 0) \oplus 1) = 0$

逻辑表达式是对电路的数学化描述

别说话，用心去感受。

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

一位全加器

输入

输出

S_i : 输入中有奇数个1时为1(异或)
 $S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$

C_i : 输入中至少2个1
 $C_i = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_{i-1}$

两个本位都为1

两个本位中有一个1, 且来自低位的进位是1

类比：函数的实现

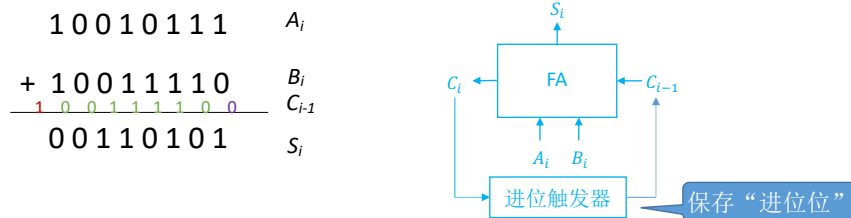
类比：函数对外暴露的接口

一位全加器 (FA, full adder)

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

串行加法器



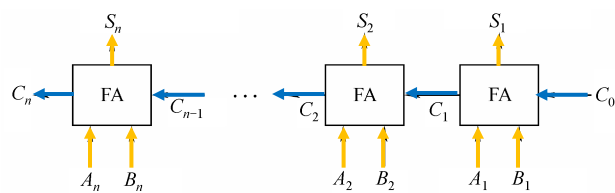
串行加法器：只有一个全加器，数据逐位串行送入加法器中进行运算。进位触发器用来寄存进位信号，以便参与下一次运算。

如果操作数长 n 位，加法就要分 n 次进行，每次产生一位和，并且串行逐位地送回寄存器。

王道考研/CSKAOYAN.COM

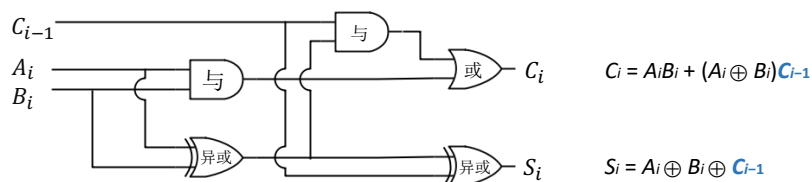
11

并行加法器



串行进位的并行加法器：把 n 个全加器串接起来，就可进行两个 n 位数的相加。

串行进位又称为行波进位，每一级进位直接依赖于前一级的进位，即进位信号是逐级形成的。



王道考研/CSKAOYAN.COM

12

