

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

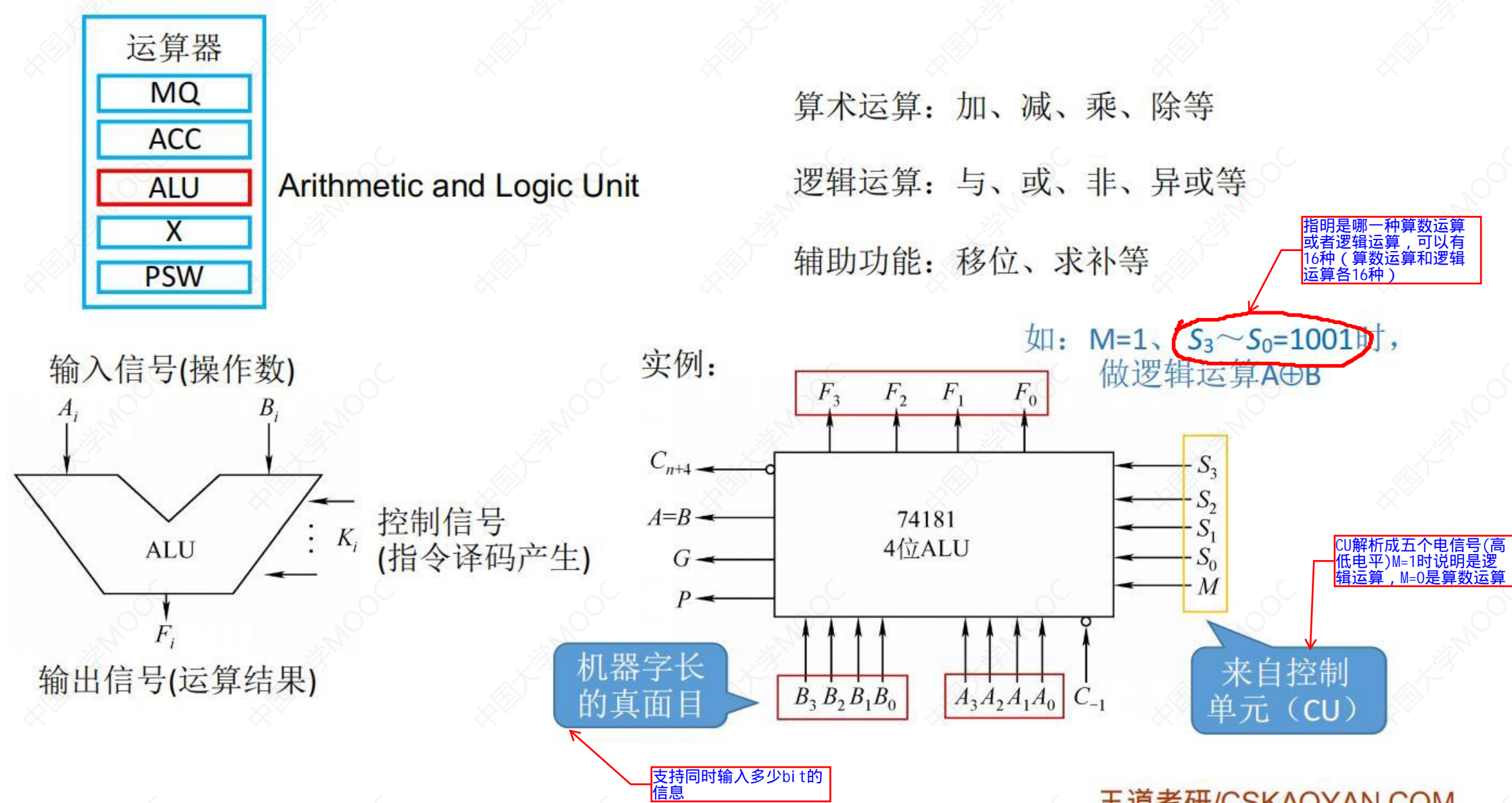
电路基础知识

加法器的实现

王道考研/CSKAOYAN.COM

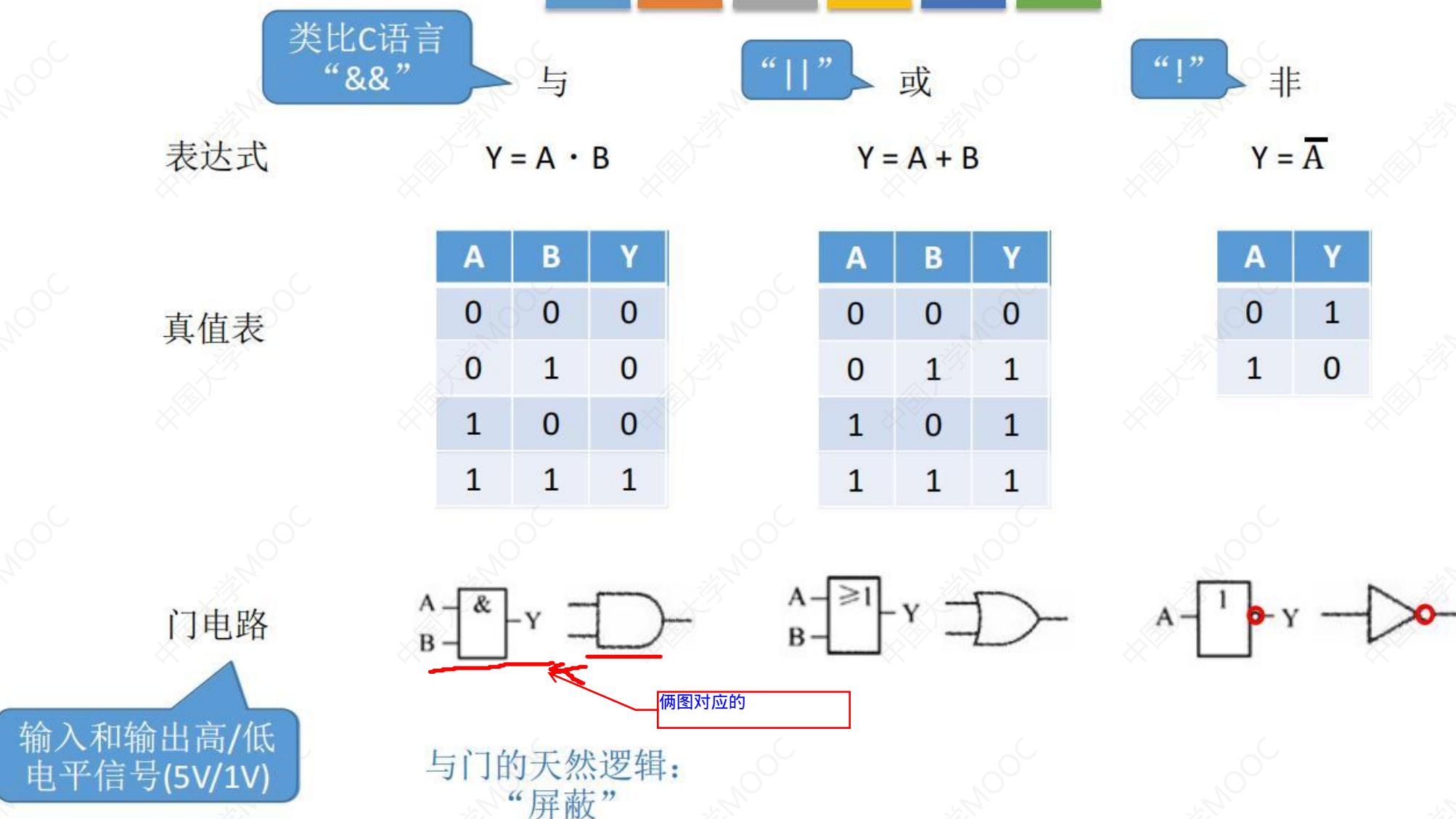
2

算术逻辑单元 (ALU)



3

最基本的逻辑运算



4

最基本的逻辑运算

类比C语言
“&&”

与

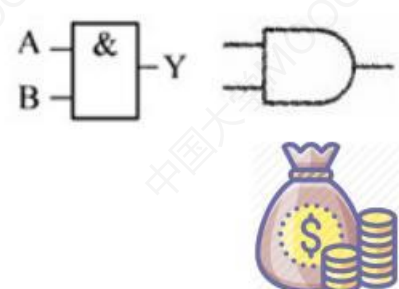
表达式

$$Y = A \cdot B$$

真值表

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

门电路

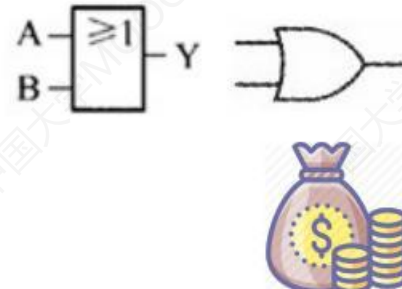


“||”

或

$$Y = A + B$$

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

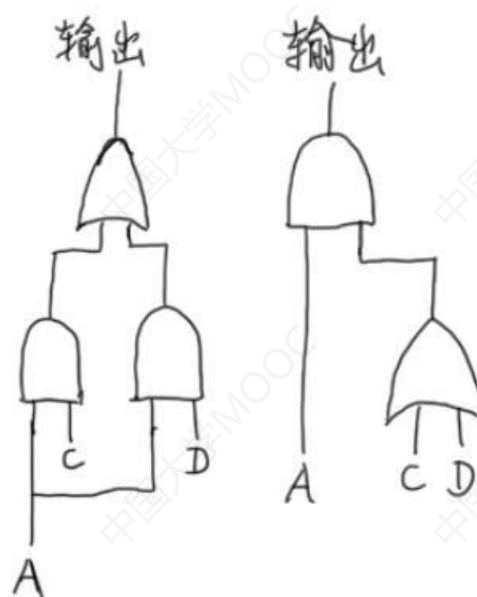


优先级：与>或
(类比乘法、加法)

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

复合逻辑

离散数学
德摩根律

反演律:

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

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

表达式

与非

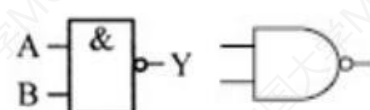
$$Y = \overline{A \cdot B}$$

$$\bar{A} + \bar{B}$$

真值表

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

电路符号

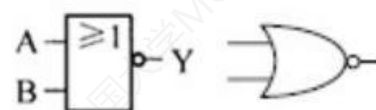


或非

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

$$\bar{A} \cdot \bar{B}$$

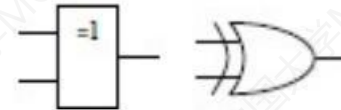
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



异或

$$Y = A \oplus B$$

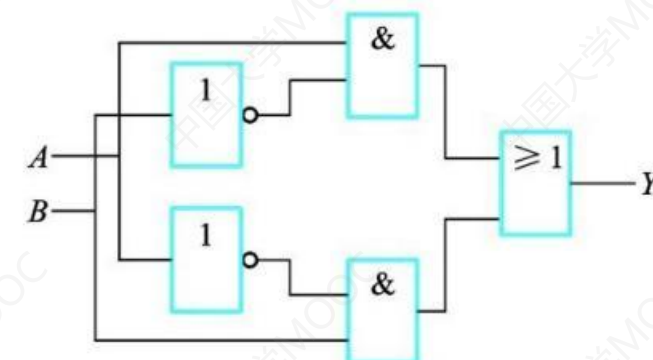
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



A和B不同

→ $A=0$ 且 $B=1$ 或 $A=1$ 且 $B=0$

→ $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$



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:

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

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

表达式

与非

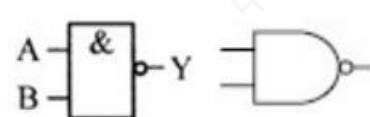
$$Y = \overline{A \cdot B}$$

$$\bar{A} + \bar{B}$$

真值表

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

电路符号

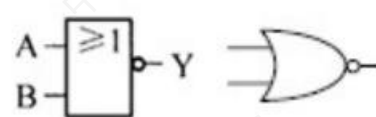


或非

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

$$\bar{A} \cdot \bar{B}$$

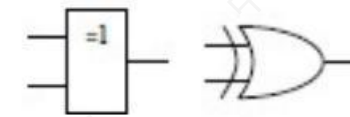
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



异或

$$Y = A \oplus B$$

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

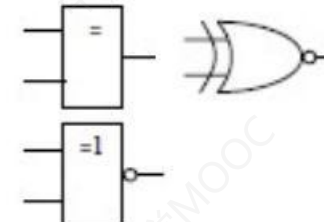


异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

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： 11001101 01010111

偶校验： 01001101 11010111



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

⊕：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）：

$$0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

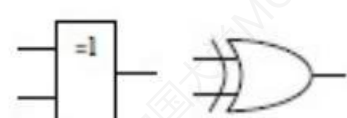
王道考研/CSKAOYAN.COM

8

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

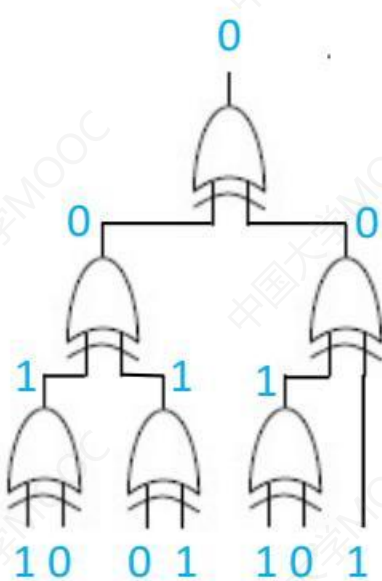


异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

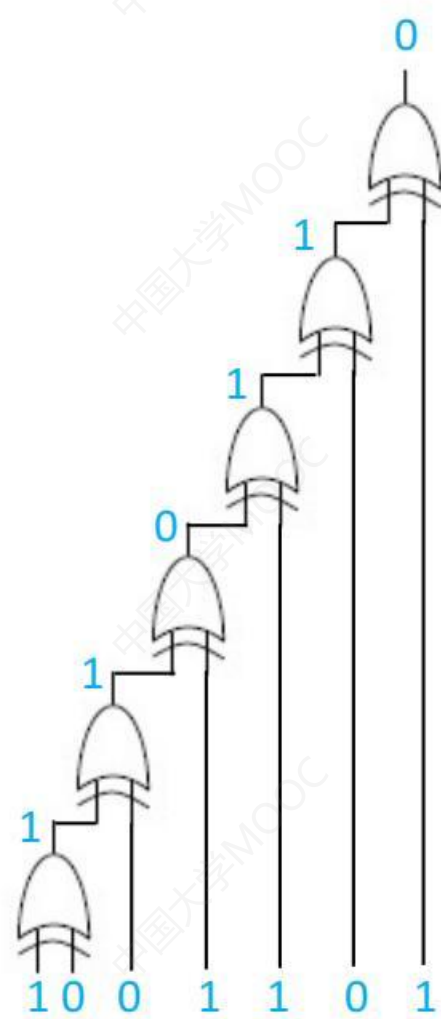
求偶校验位:

$$1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$((1 \oplus 0) \oplus (0 \oplus 1)) \oplus ((1 \oplus 0) \oplus 1) = 0$$



$$((((((1 \oplus 0) \oplus 0) \oplus 1) \oplus 1) \oplus 0) \oplus 1) = 0$$



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

$$\begin{array}{r} 10010111 \\ + 10011110 \\ \hline 00110101 \end{array}$$

A_i

B_i

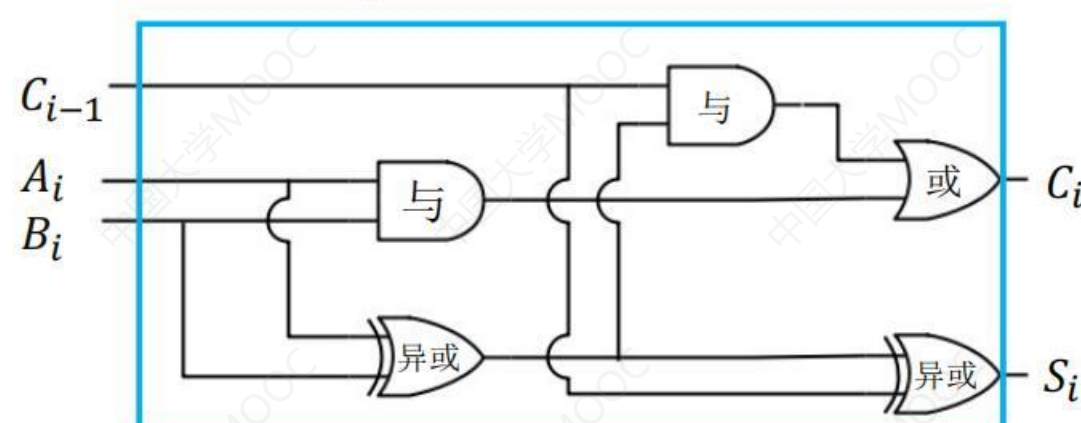
C_{i-1}

S_i

来自低位的进位

本位的和

类比：函数的实现



输入

A_i

B_i

C_{i-1}

输出

S_i : 输入中有奇数个1时为1(异或)

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$$

向高位的进位

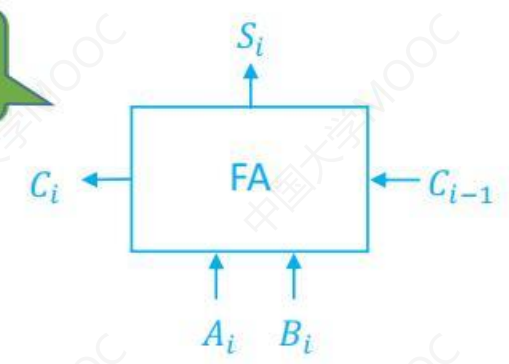
C_i : 输入中至少2个1

$$C_i = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_{i-1}$$

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

$$\begin{array}{r}
 10010111 \\
 + 10011110 \\
 \hline
 00110101
 \end{array}$$

A_i
 B_i
 C_{i-1}
 S_i

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。

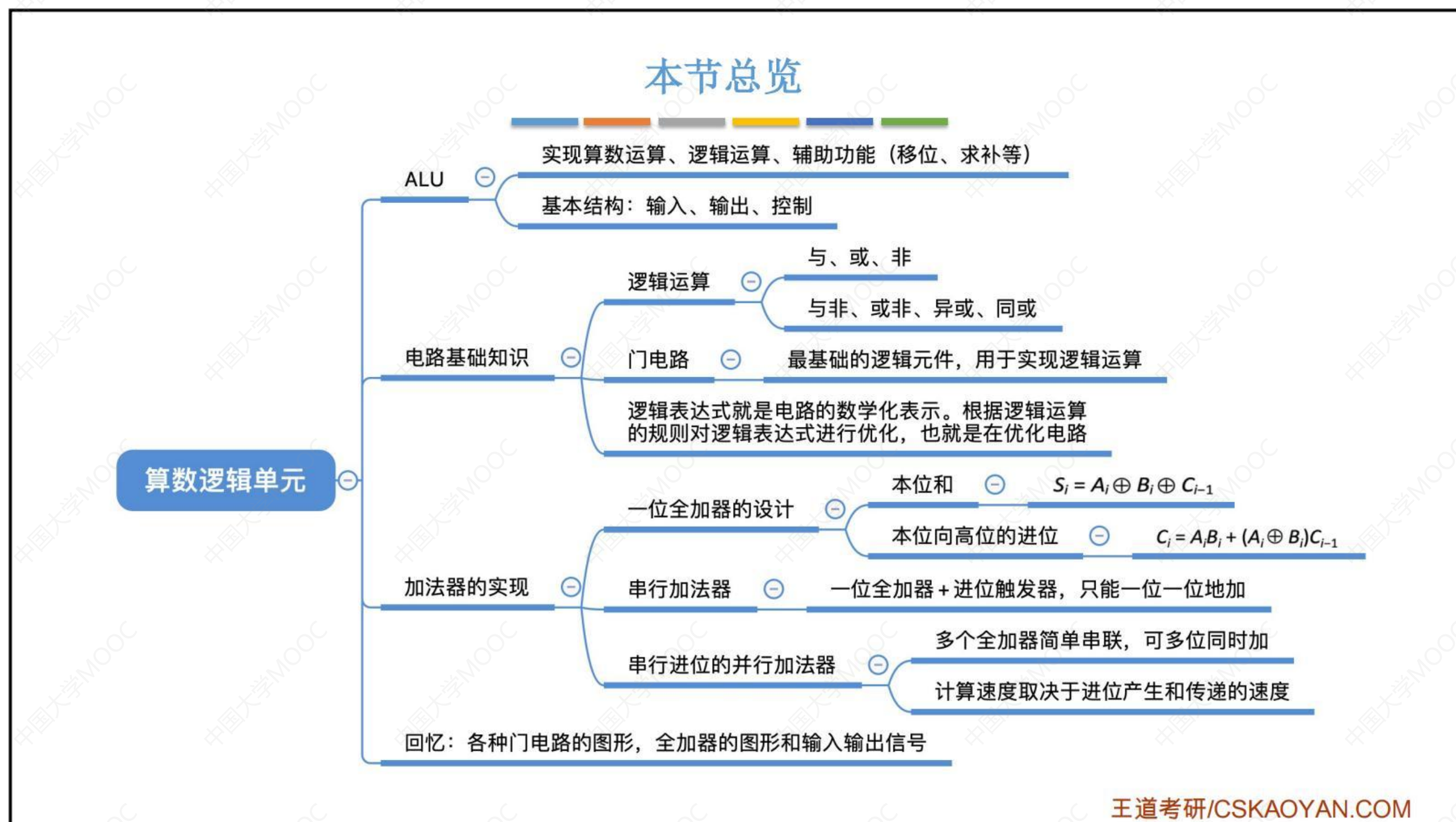
串行进位又称为行波进位，每一级进位直接依赖于前一级的进位，即进位信号是逐级形成的。

$$C_i = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_{i-1}$$

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

12



13



@王道论坛



@王道计算机考研备考
@王道咸鱼老师-计算机考研
@王道楼楼老师-计算机考研



@王道计算机考研



@王道计算机考研



@王道计算机考研



@王道在线

14