

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)

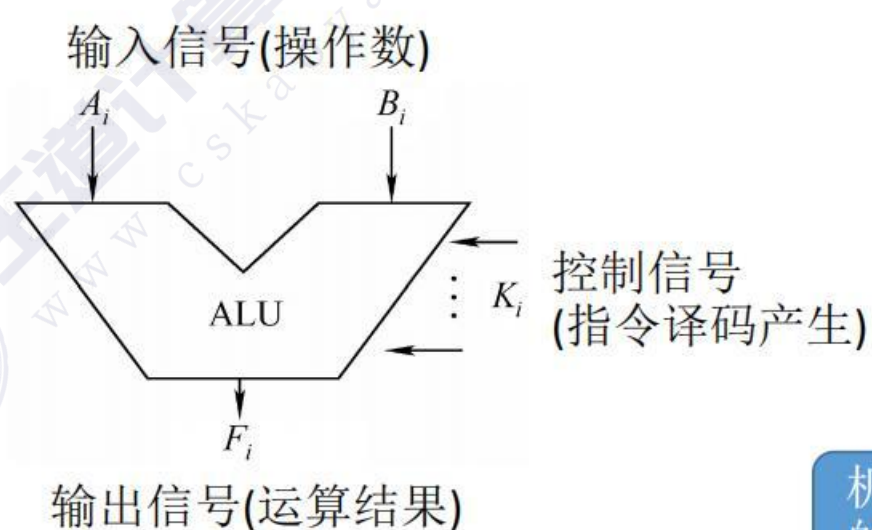


Arithmetic and Logic Unit

算术运算：加、减、乘、除等

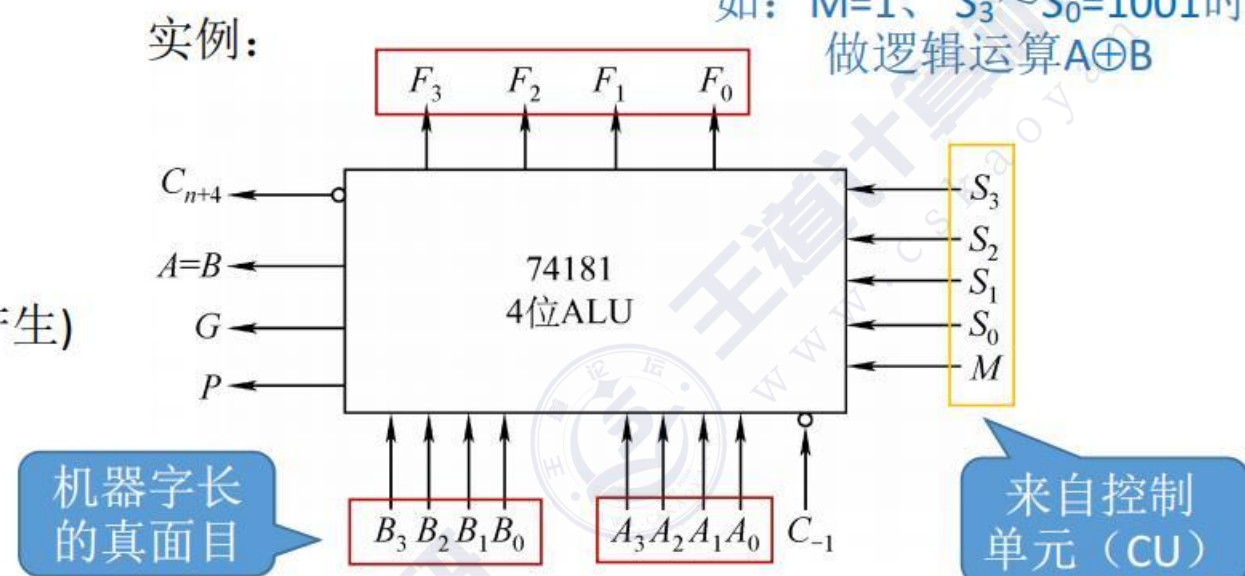
逻辑运算：与、或、非、异或等

辅助功能：移位、求补等



实例：

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



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

$$Y = A \cdot B$$

$$Y = A + B$$

$$Y = \bar{A}$$

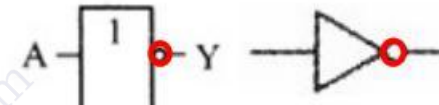
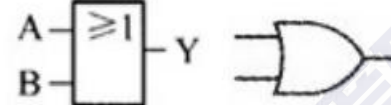
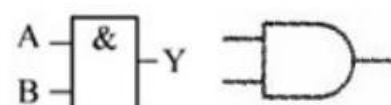
真值表

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

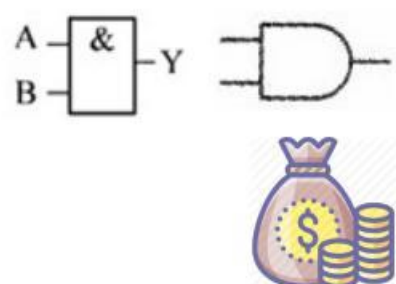
表达式

$$Y = A \cdot B$$

真值表

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

门电路

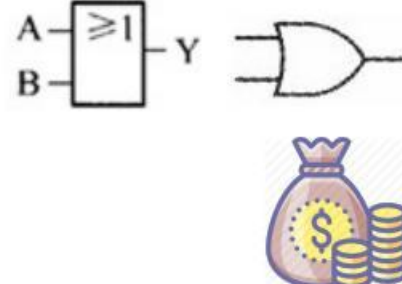


“||”

或

$$Y = A + B$$

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)

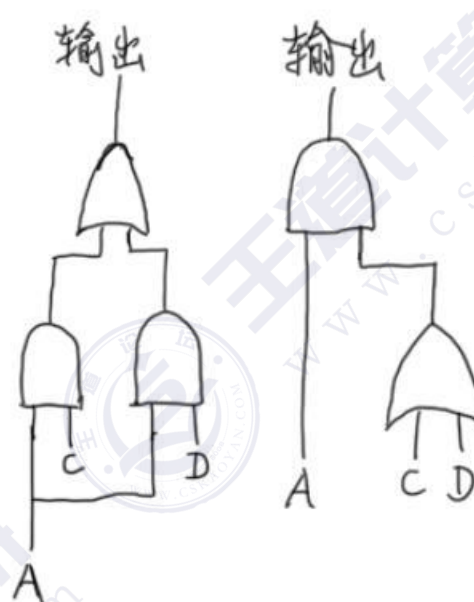
Eg: $AB+CD$ 先算与再算或

$A(C+D) = AC+AD$ ——分配律

$ABC=A(BC)$ ——结合律

$A+B+C=A+(B+C)$ ——结合律

Eg: 实现 $AC+AD$



数学，学着挺有意思的，就是头冷

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:

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

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

表达式

与非

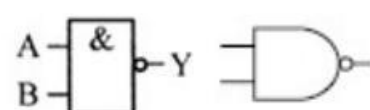
$$Y = \overline{A \cdot B}$$

$$\overline{A+B}$$

真值表

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

电路符号

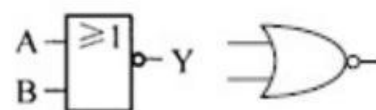


或非

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

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

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



异或

$$Y = A \oplus B$$

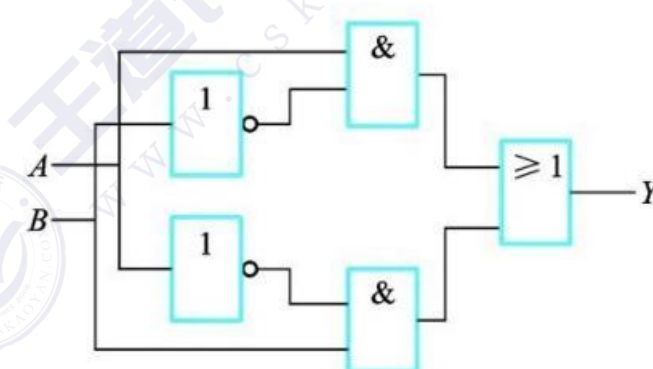
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



A和B不同

→ $A=0$ 且 $B=1$ 或 $A=1$ 且 $B=0$

→ $\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$



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

表达式

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

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

异或
 $Y = A \oplus B$

同或
 $Y = A \odot B$

真值表

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

电路符号

异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

王道考研/CSKAOYAN.COM

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：	<u>1</u> 1001101	<u>0</u> 1010111
偶校验：	<u>0</u> 1001101	<u>1</u> 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

⊕：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）：

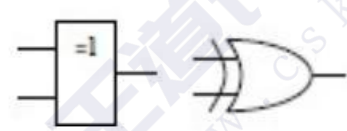
$0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$
 $1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$

王道考研/CSKAOYAN.COM

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

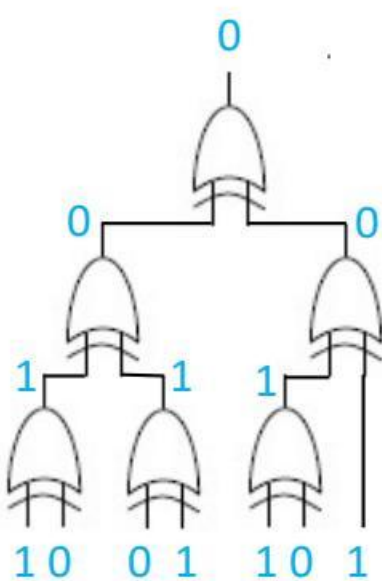


异或的天然逻辑
“加法”
“奇偶校验”

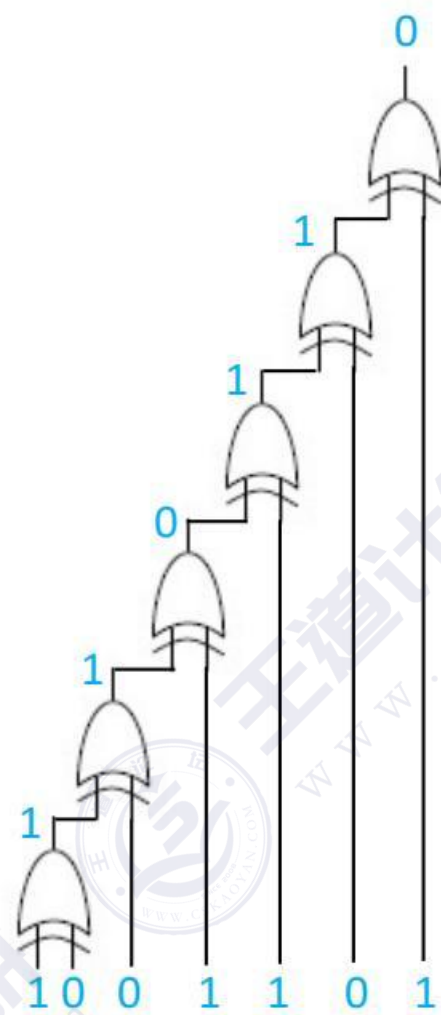
求偶校验位:

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

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



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



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

输入

A_i

B_i

C_{i-1}

输出

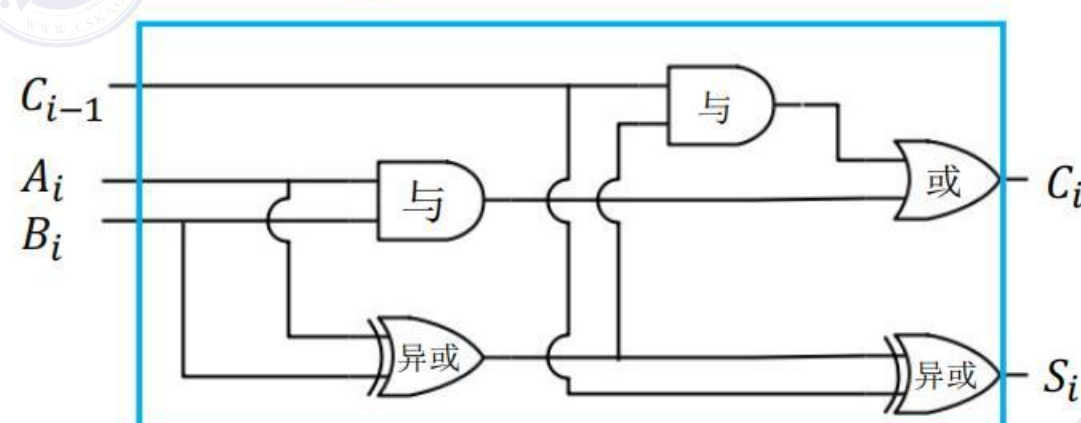
S_i : 输入中有奇数个1时为1(异或)
 $S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$

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

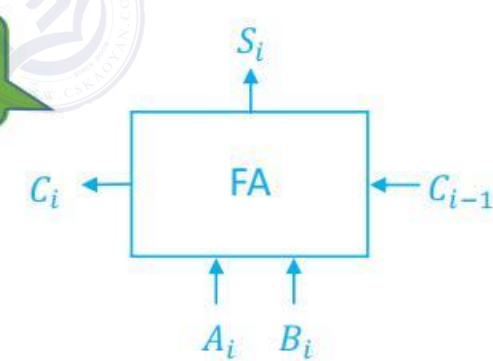
两个本位都为1

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

$$\begin{array}{r}
 10010111 \quad A_i \\
 + 10011110 \quad B_i \\
 \hline
 00110101 \quad S_i
 \end{array}$$

C_{i-1}
 C_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

$$\begin{array}{c}
 S_n \\
 \uparrow \\
 \text{FA} \\
 \leftarrow C_{n-1} \quad \leftarrow C_{n-2} \quad \dots \quad \leftarrow C_2 \quad \leftarrow C_1 \quad \leftarrow C_0 \\
 \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\
 A_n \quad B_n \quad A_2 \quad B_2 \quad A_1 \quad B_1
 \end{array}$$

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。

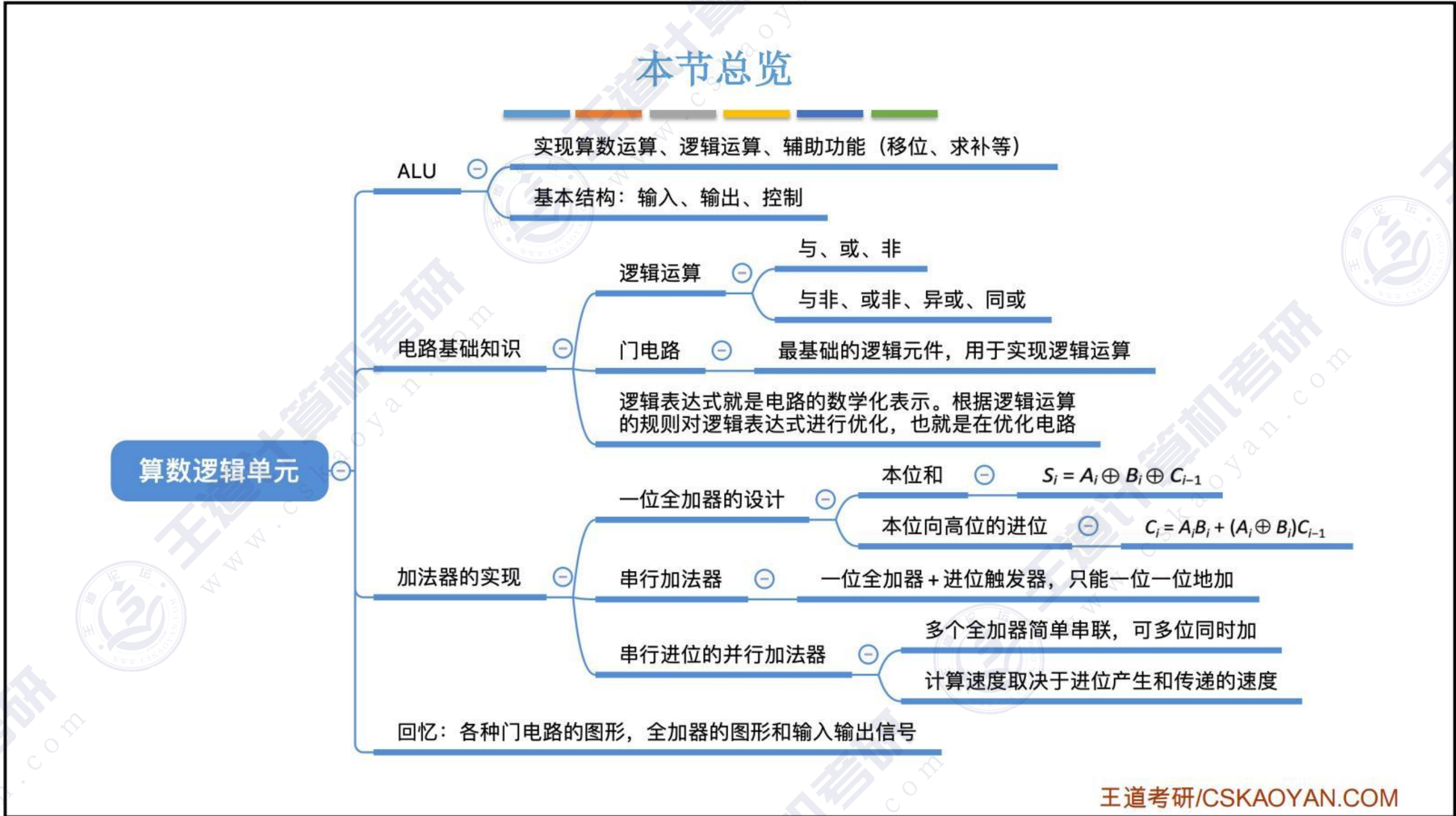
串行进位又称为行波进位，每一级进位直接依赖于前一级的进位，即进位信号是逐级形成的。

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

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

王道考研/CSKAOYAN.COM

12



你还可以在这里找到我们

快速获取第一手计算机考研信息&资料



购买2024考研全程班/领学班/定向班
可扫码加微信咨询

 微博：@王道计算机考研教育

 B站：@王道计算机教育

 小红书：@王道计算机考研

 知乎：@王道计算机考研

 抖音：@王道计算机考研

 淘宝：@王道论坛书店

14

王道考研/cskaoyan.com

7