

数据表示及计算

定点数 { 定点小数 纯小数 $\pm 0.x_1x_2\dots$
 定点整数 纯整数 $\pm x_1x_2\dots$

表示 { 原码
 补码
 反码
 移码

整数 { 无符号数 $0 \sim 2^n - 1$
 有符号数 $-2^{n-1} \sim 2^{n-1} - 1$

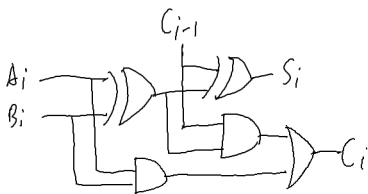
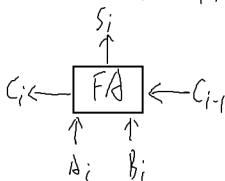
基本运算部件

加法器

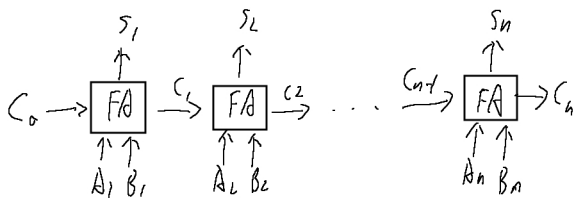
一位全加器 FA

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

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



串行进位加法器



并行进位加法器

$$G_i = A_i B_i \quad P_i = A_i \oplus B_i$$

$$C_i = G_i + P_i C_{i-1}$$

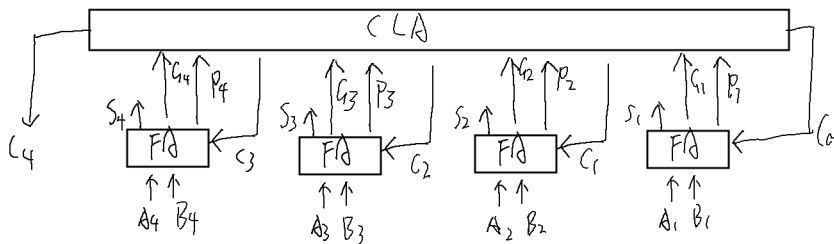
$$C_1 = G_1 + P_1 C_0$$

$$C_2 = G_2 + P_2 C_1 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 C_0$$

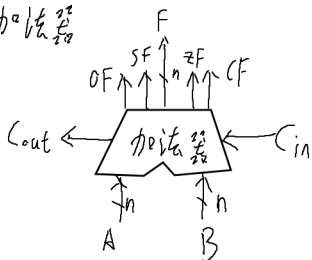
⋮

C_i 仅与 C_0, A_i, B_i 有关

CLA 超前进位条件



带标志加法器



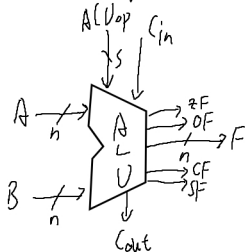
$$OF = C_n \oplus C_{n-1}$$

$$SF = F_{n-1}$$

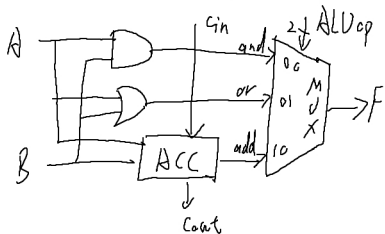
$$ZF = 1 \text{ 当且仅当 } F = 0$$

$$CF = C_{out} \oplus C_{in}$$

ALU 算术逻辑单元

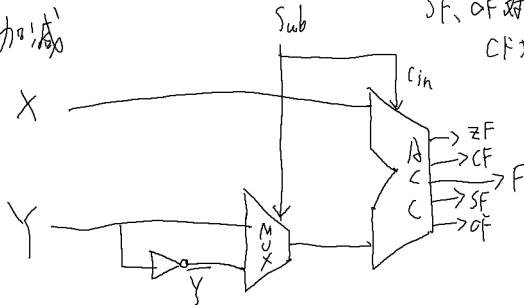


例 实现 and, or, add 的一位 ALU



定点数移位运算 { 算术移位
逻辑移位
循环移位

定点数加减



SF, OF 对无符号数无意义

CF 对有符号数无意义

补码加或溢出判断

① 一位符号位

X_5 表示 X 的符号位

$$V = A_5 B_5 \overline{S_5} + \overline{A_5} \overline{B_5} S_5 = \begin{cases} 0 & \text{无} \\ 1 & \text{溢出} \end{cases}$$

② 两位符号位

$$S_1, S_2 = \begin{cases} 00 & S \text{ 为正, 无溢出} \\ 01 & \text{正溢出} \\ 10 & \text{负溢出} \\ 11 & S \text{ 为负, 无溢出} \end{cases}$$

$$V = S_1 \oplus S_2 = \begin{cases} 0 & \text{无} \\ 1 & \text{溢出} \end{cases}$$

③ 一位符号位根据数据位进位情况判断

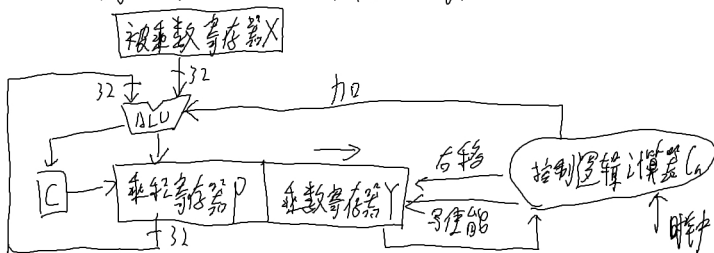
$$V = C_5 \oplus C_1 = \begin{cases} 0 & \text{无} \\ 1 & \text{溢出} \end{cases}$$

定点数乘法 $\begin{cases} \text{原码一位乘} \\ \text{补码一位乘 (Booth)} \end{cases}$

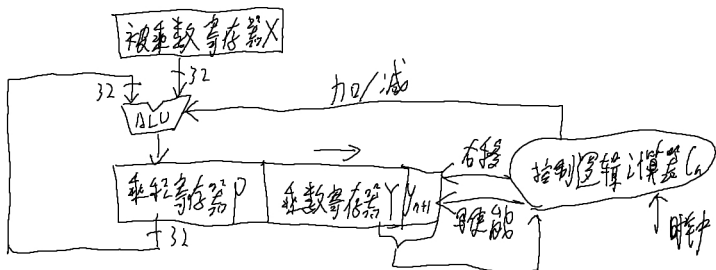
原码一位乘 (无符号数乘)

计算时双符号位

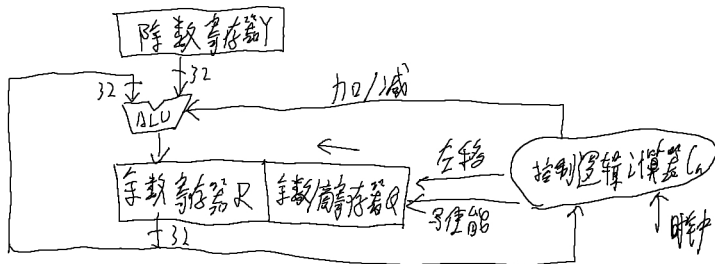
$$\text{结果 } P_5 = X_5 \oplus Y_5$$



补码一位乘 (Booth)
计算时双符号位



定点数除法 { 原码除 (不恢复余数法)
补码除 (加减交替法)



大端、小端

		高位		低位	
		01	23	45	67 H
地址		0800H	0801H	0802H	0803H
例	大端	01	23	45	67
	小端	67	45	23	01

边界对齐存储

例

字节1	字节2	字节3	填充
字1		字2	
字3		填充	
字1			

浮点数

表示 $N = (-1)^S \times M \times R^E$

IEEE 754 标准

	符号	阶码	尾数
32位	1	8	23
64位	1	11	52

$$(-1)^S \times 1.M \times 2^{E-127}$$

$$(-1)^S \times 1.M \times 2^{E-1023}$$

$$bias = \begin{cases} 127 & 32\text{位} \\ 1023 & 64\text{位} \end{cases}$$

$$\text{阶码} \leq 0 \quad \begin{cases} \text{尾数} \leq 0 & \pm 0 \\ \text{尾数} \neq 0 & \pm 2^{-126/1022} (0.M) \end{cases}$$

$$\text{阶码} \leq 1 \quad \begin{cases} \text{尾数} \leq 0 & \pm \infty \\ \text{尾数} \neq 0 & \text{NaN} \end{cases}$$

浮点数加减

- ① 对阶
- ② 尾数加减
- ③ 规格化
- ④ 舍入
- ⑤ 溢出判断