

3.5.2 MIPS-32处理器

(基本部件)

※CPU设计的主要任务

①拟定指令集 ✓

②数据通路设计

③控制器设计

※CPU执行1条指令的步骤：

①取指令

根据**PC**，从存储器中取出指令，同时**PC**自动加4。

②取操作数

根据指令中操作数字段，选择读取**寄存器**或立即数，送**ALU(运算器)**。

③分析指令

将指令中的操作码送**控制器**，分析指令的功能，产生相应的**控制信号**。

④执行指令

ALU根据控制器产生的控制信号完成指令规定的**操作**，并**保存结果、修改PC**。

※根据指令执行的所需时钟周期数

① 单周期CPU:

指令固定在1个时钟周期内完成。

- √ 时间效率低，时钟宽度由单指令最长时间决定。
- √ 在指令周期内，功能部件不能共享，冗余度大；

② 多周期CPU:

指令分散在多个时钟周期内完成。

- √ 时间效率高，时钟的宽度由单步最长时间决定。
- √ 不同的时钟周期之间，部件可共享，冗余降低。

MIPS32的指令格式

指令字长固定为32位，寄存器型寻址，指令中给出寄存器号(显、隐)或者偏移量。

指令 类型	指令长度（32位定长）					
	31 ~ 26	25~21	20~16	15~11	10 ~ 6	5 ~ 0
R型	op(6)	rs(5)	rt(5)	rd(5)	sa	funct
I型	op(6)	rs(5)	rt(5)	imm (16)		
J型	op(6)	address(26)				

基本部件的选型

- ※ 存储相关的部件
- ※ 数据预处理部件
- ※ 运算部件
- ※ 数据通路选择部件
- ※ 控制单元（控制器）

1、存储相关的部件

(1) 寄存器堆（组）

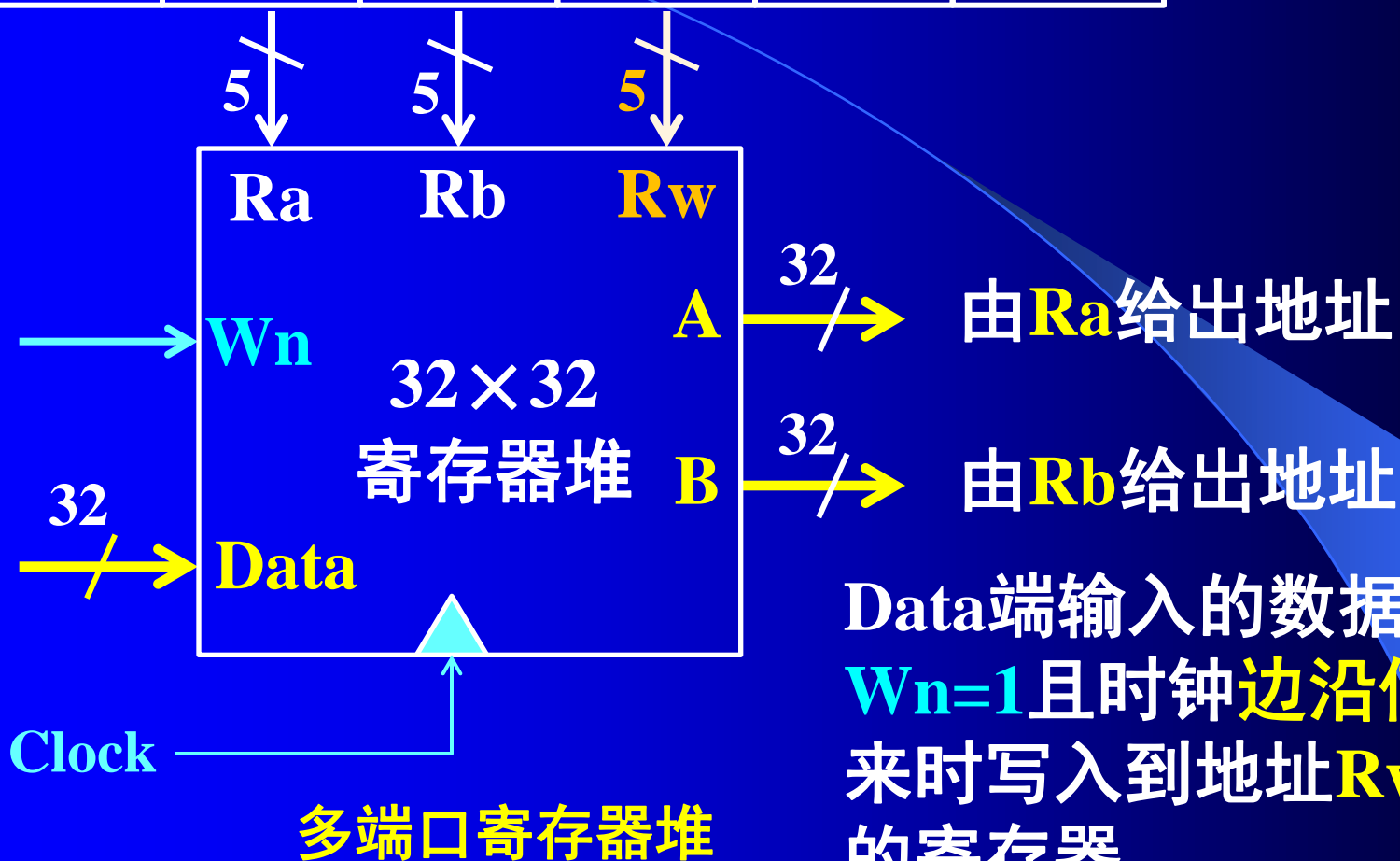
- 读数据(根据指令中的rs或rt)
- 写数据(根据指令中的rt或rd)

32个寄存器，数据宽度32位

一般通过多端口小存储器构成寄存器堆



R型指令

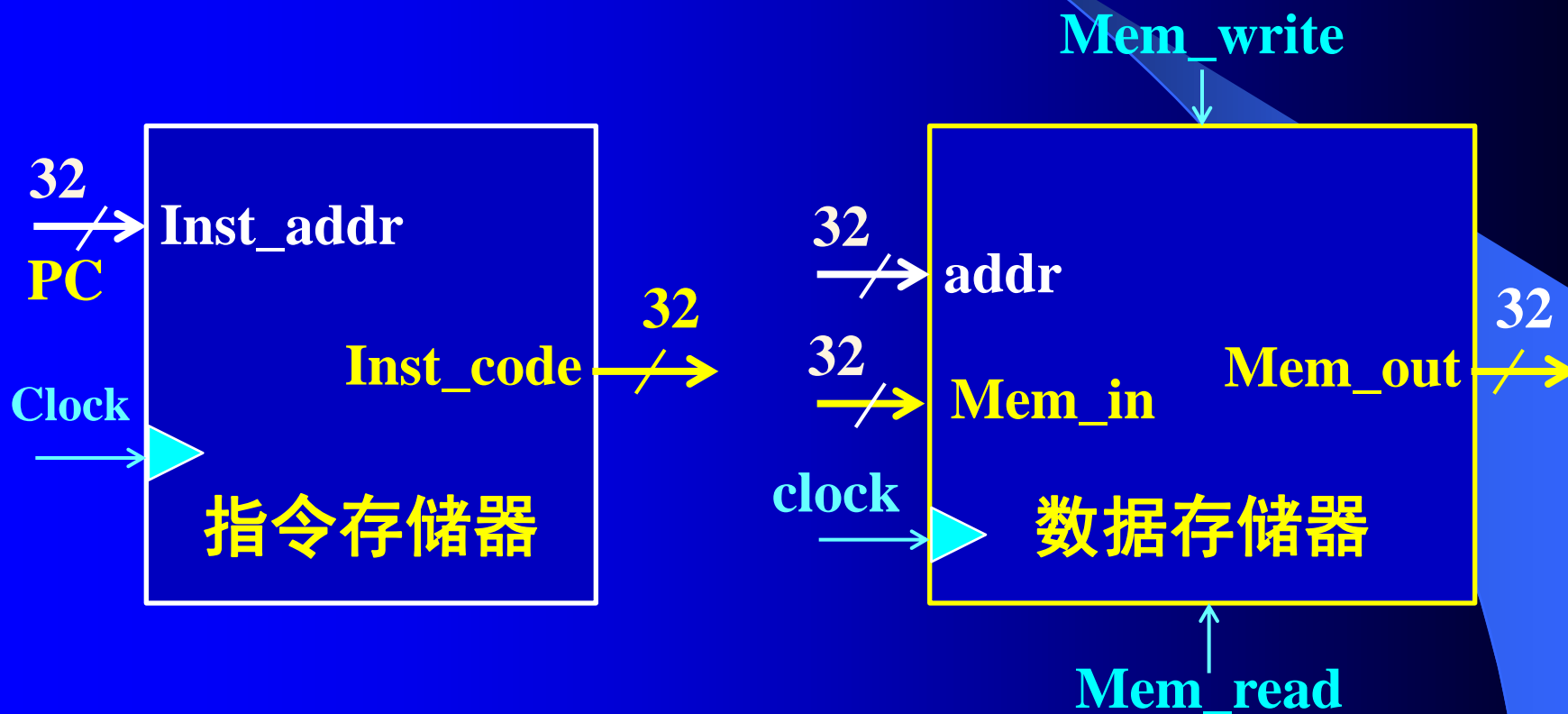


Data端输入的数据在 **Wn=1** 且时钟边沿信号到来时写入到地址 **Rw** 指定的寄存器。

读写操作均靠时钟信号的边沿触发。

(2) 存储器

- 取出指令（指令存储器）
- 读写操作数（数据存储器）



(3) 特殊功能寄存器

- **PC**（程序计数器），**IR**（指令寄存器）
- **FR**（标志寄存器，PWS, 与运算器相关）

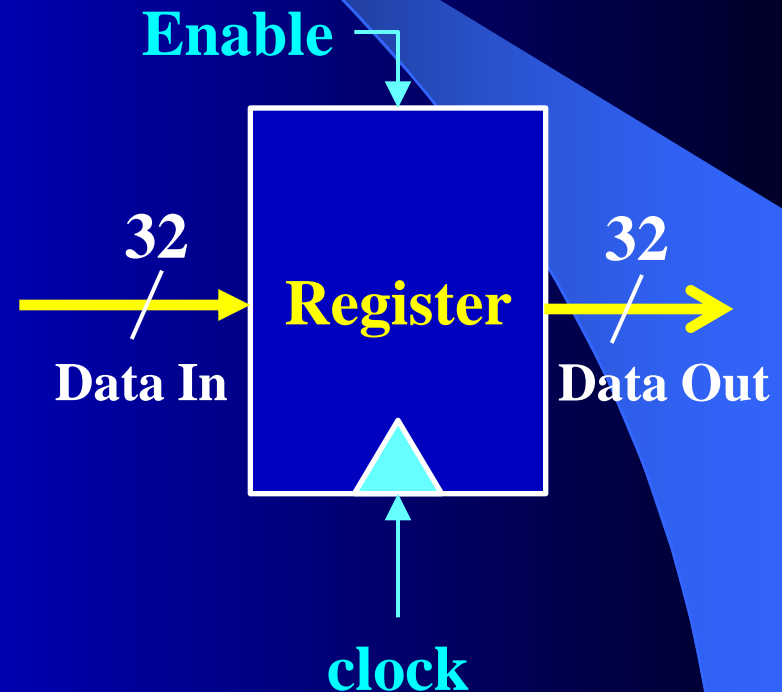
■ **Enable**: 写使能信号

- **Enable=0**

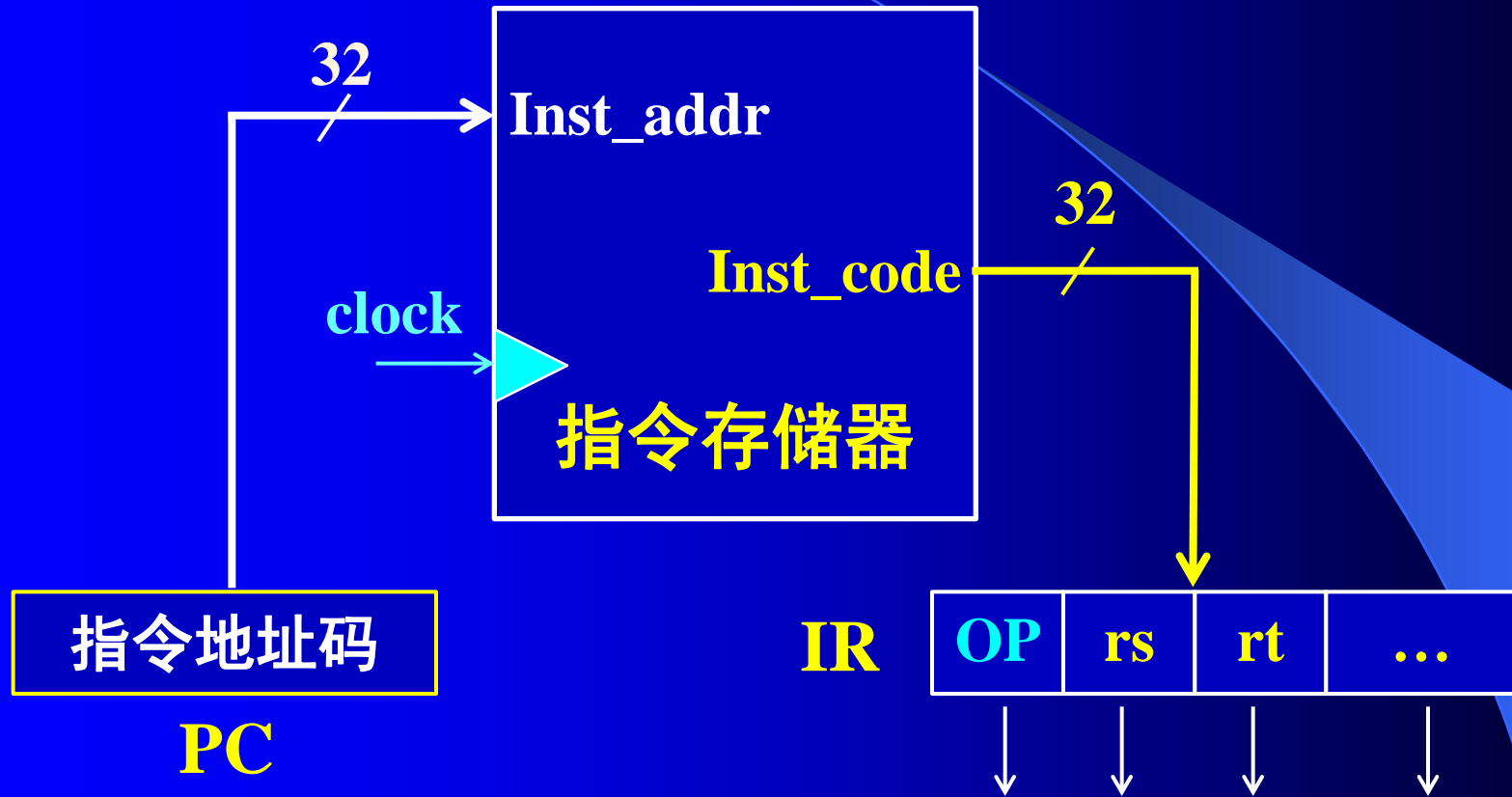
时钟边沿到来时，**从R读**

- **Enable=1**

时钟边沿到来时，**向R写**



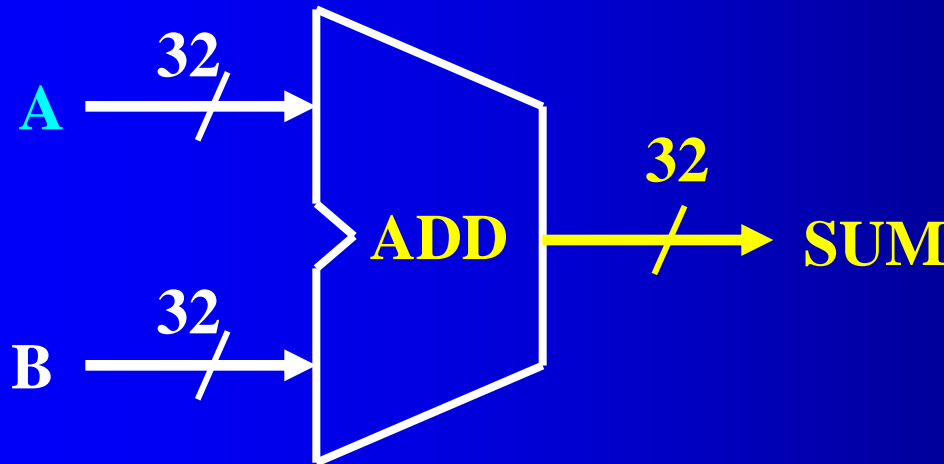
→ PC和IR在数据通路中的作用



2、运算部件

- 算术逻辑运算单元，ALU
- PC自增单元（固定加4的运算器）

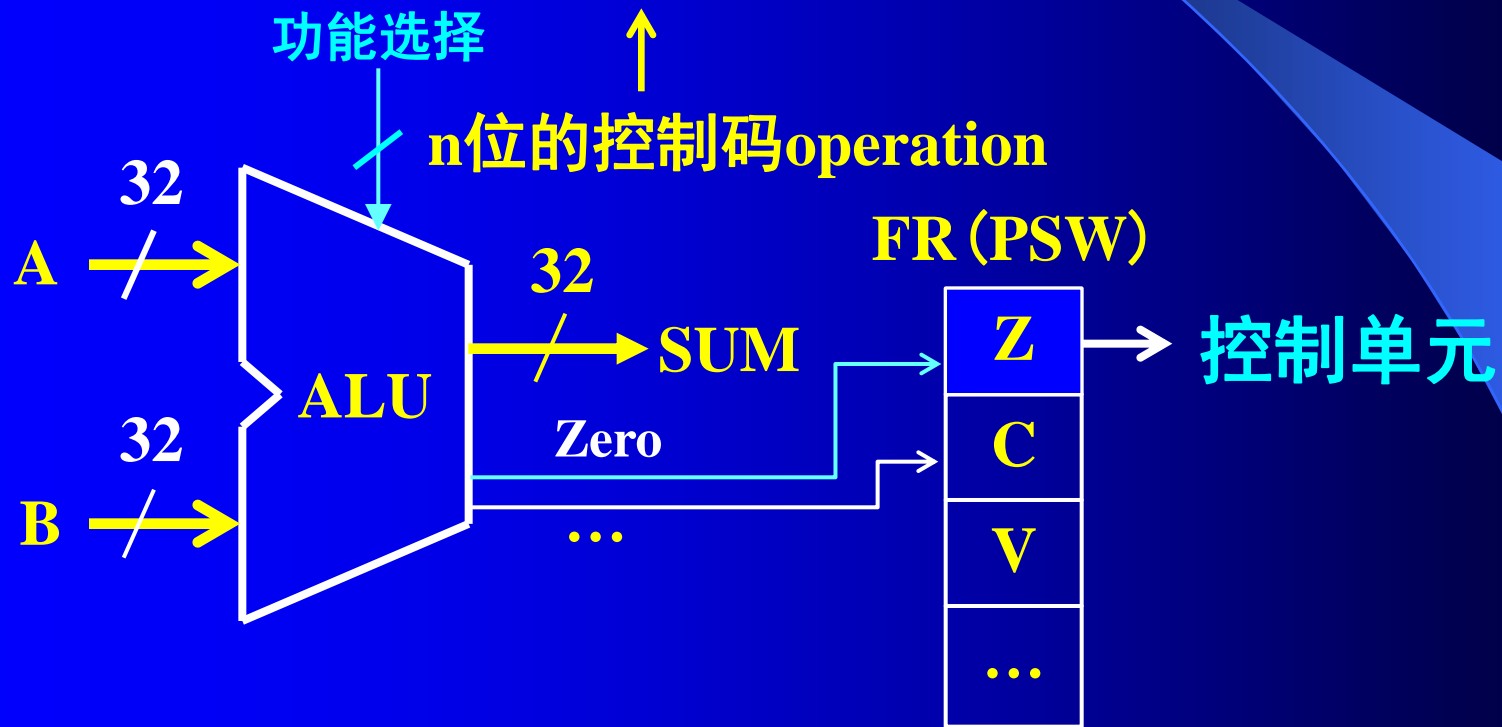
①32位加法器—Adder



加法器的输入端口A,可以固定输入常数4

②32位运算器—ALU

n 与ALU的运算功能数 m 有关,
 $n \geq \log_2 m$



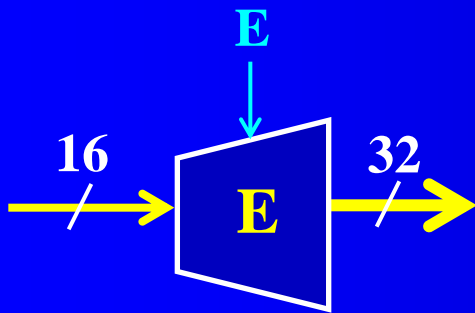
加法器的输入端口A,可以固定输入常数4

operation	ALU功能	ALU输出
0000	AND	A AND B
0001	OR	A OR B
0010	ADD	A ADD B
0110	SUB	A SUB B
0111	小于则置1	A < B?: 1
1100	NOR	Not (A OR B)
...

3、数据预处理部件

- 带符号扩展、无符号扩展(0扩展)
- 左移两位
- 4位-28位拼接

①双模扩展器—Extender



16→32扩展器

①E=1时，数值型(补码)符号扩展

000A → 0000000A

800A → FFFF800A

正数高位全补0，负数高位权补1

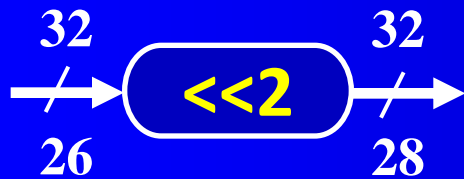
②E=0时，逻辑型扩展(零扩展):

002A → 0000002A

F12C → 0000F12C

无论正负，高位均全补0

②左移2位扩展器

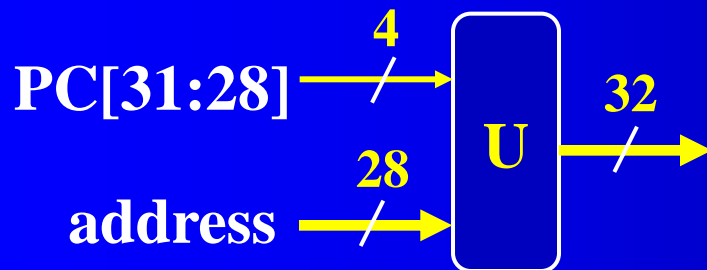


左移2位扩展器

左移时空位自动补0

[例] XXXX...XXXX \longrightarrow XX...XX00 (等效于乘4)

③2路拼接器



例如：

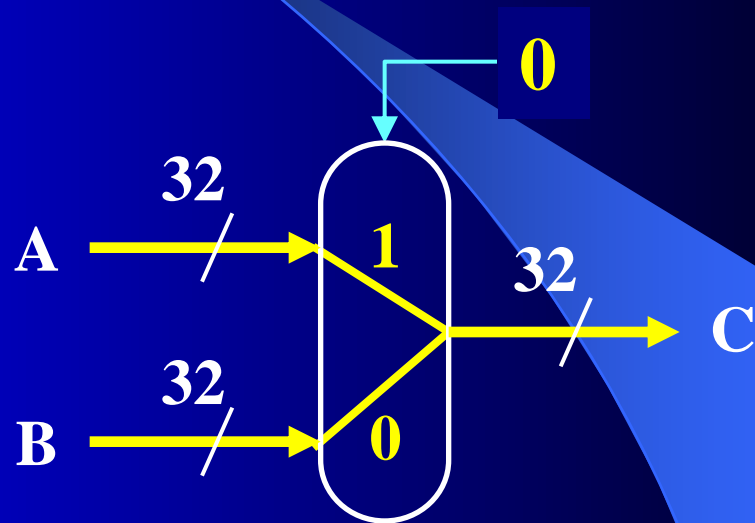
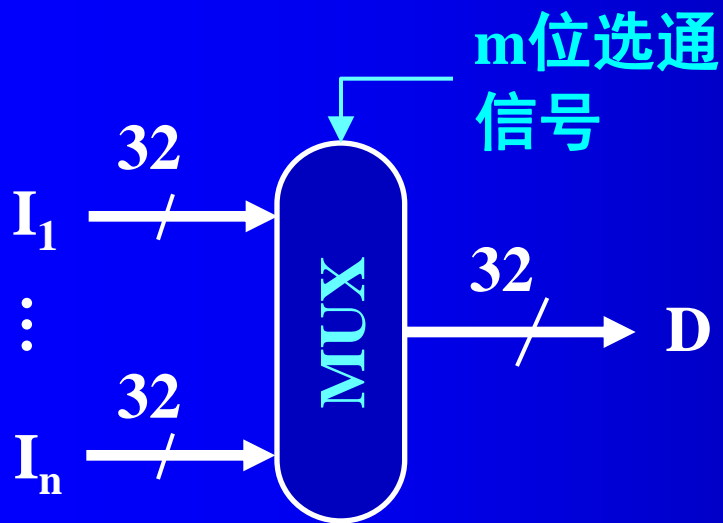
PC=A0000000

address=FFFFBB4

\rightarrow PC[31:28] U address
=AFFFFBB4

4、数据通路选择部件

32位的多路选择器—MUX



其中, $2^m \geq n$