



计算机组成原理

第六讲

张展

哈尔滨工业大学计算学部
容错与移动计算研究中心

第4章 存储器

4.1 概述

4.2 主存储器

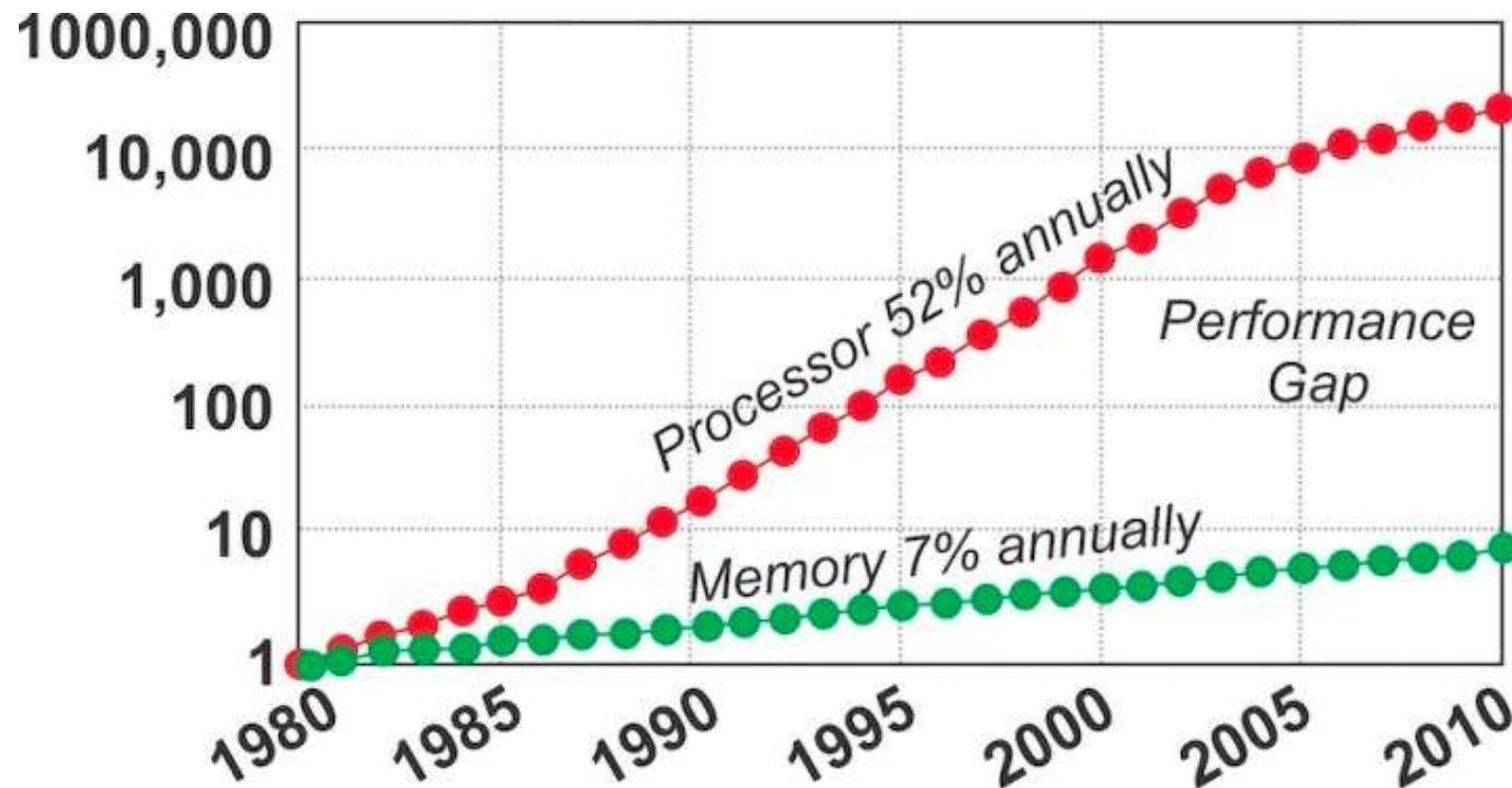
4.3 高速缓冲存储器

4.4 辅助存储器

存储墙

- 从1980-2010，处理器性能增长速率远超主存储器
- 主存储器的性能已经成为计算机系统的性能瓶颈了

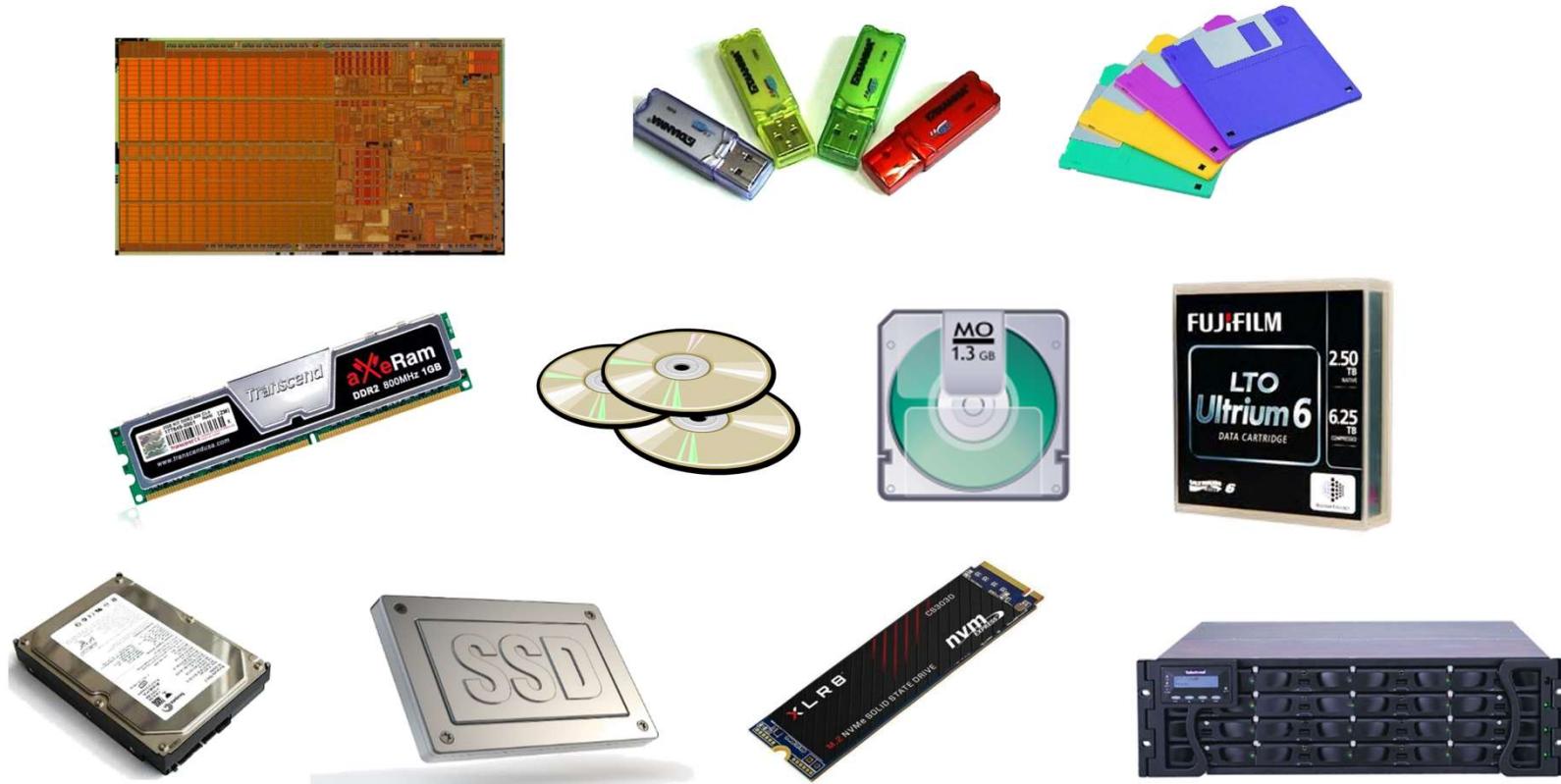
*存储墙(Memory Wall)：意指处理器与主存储墙之间的巨大性能差距



图片资料来源：<https://www.rankred.com/worlds-fastest-optical-ram/>

4.1 概述

花样繁多的存储器



4.1 概述

一、存储器分类

1. 按存储介质分类

(1) 半导体存储器

- 双极型存储器、MOS存储器、FLASH闪存
- 速度快、功耗低

(2) 磁存储器

- 磁芯、磁带、磁盘
- 容量大，速度慢、体积大

(3) 激光存储器

- CD-ROM CD-RW CD-R
- DVD-ROM DVD-RW DVD-R
- 便于携带，廉价，易于保存

2. 按存取方式分类

(1) 随机存储器

- 存取时间与物理位置无关
- 磁芯、半导体存储器

(2) 顺序存储器

- 存取时间与物理位置有关
- 磁带

(3) 直接存储器

- 磁盘、激光存储器

3. 按读/写功能分类

(1) 只读存储器 (ROM)

- 存储器内容是预置的，固定的，无法改写

(2) 读/写存储器

- 既能读出也能写入的存储器
- 随机存储器RAM

4. 按信息的可保存性分类

(1) 易失性存储器 *Volatile Memories*

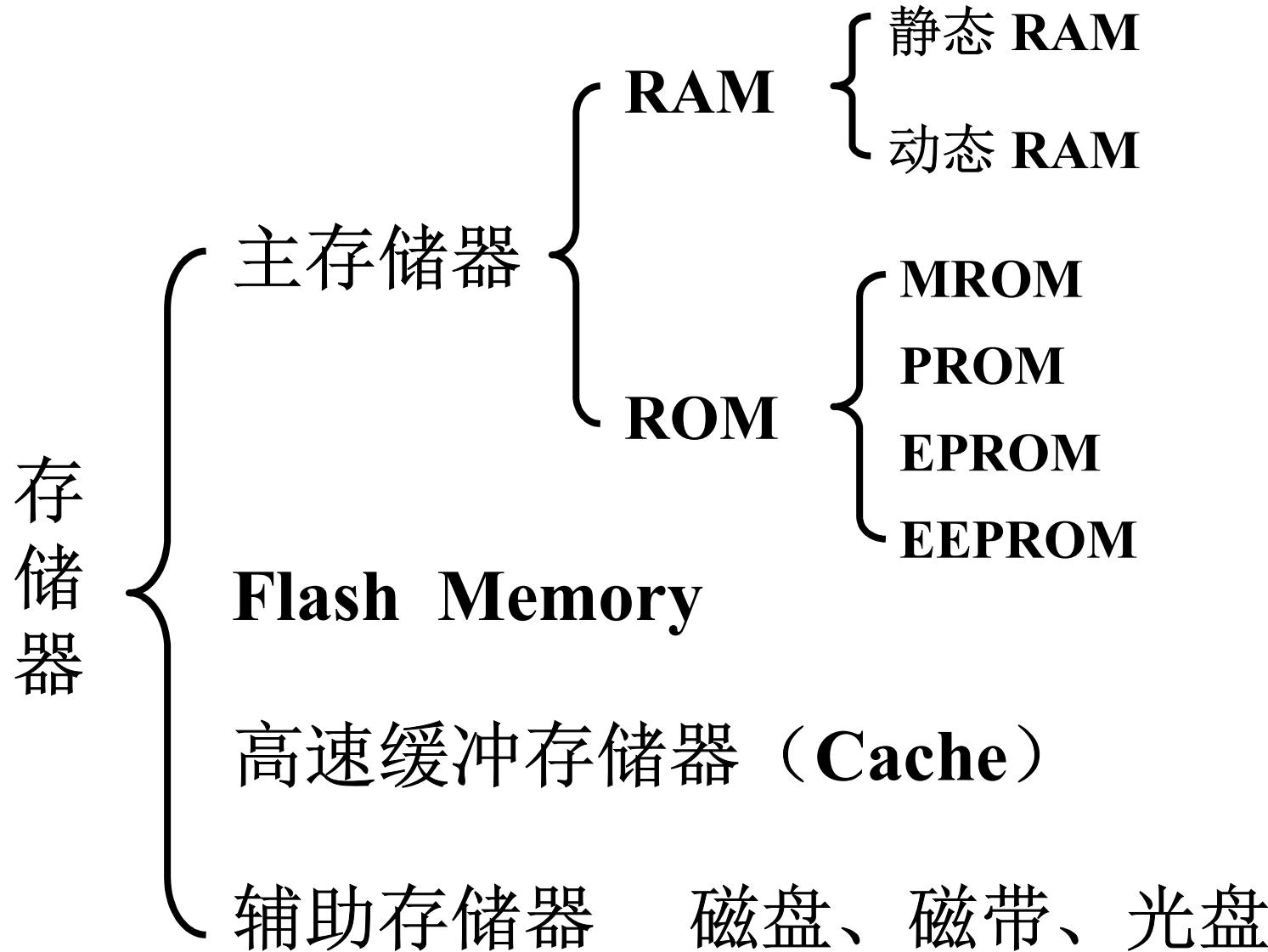
- 断电后信息消失
- SRAM
- DRAM

(2) 非易失性存储器 *Non-Volatile Memories*

- 断电后仍能保存信息
- 磁存储器、激光存储器、FLASH闪存、NVRAM

5. 按在计算机中的作用分类

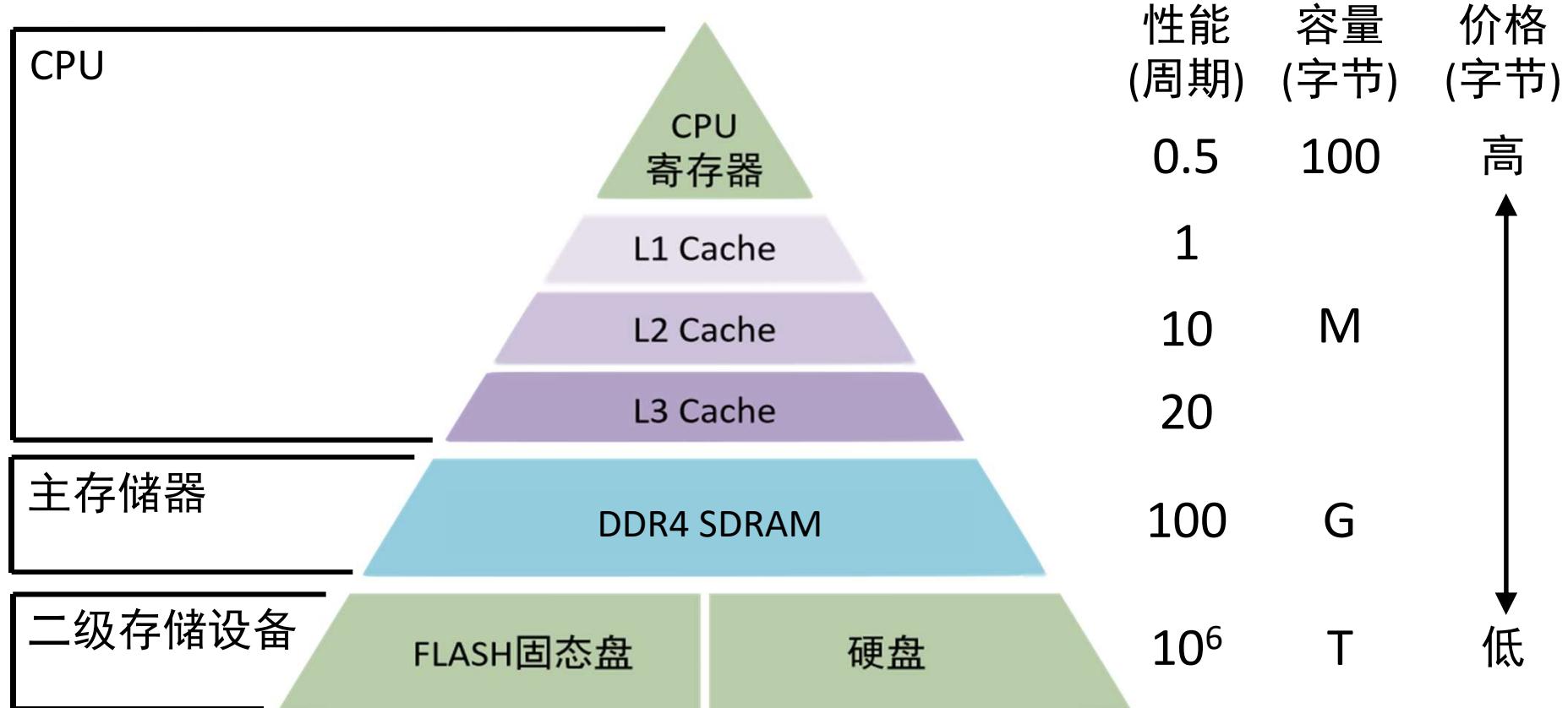
4.1



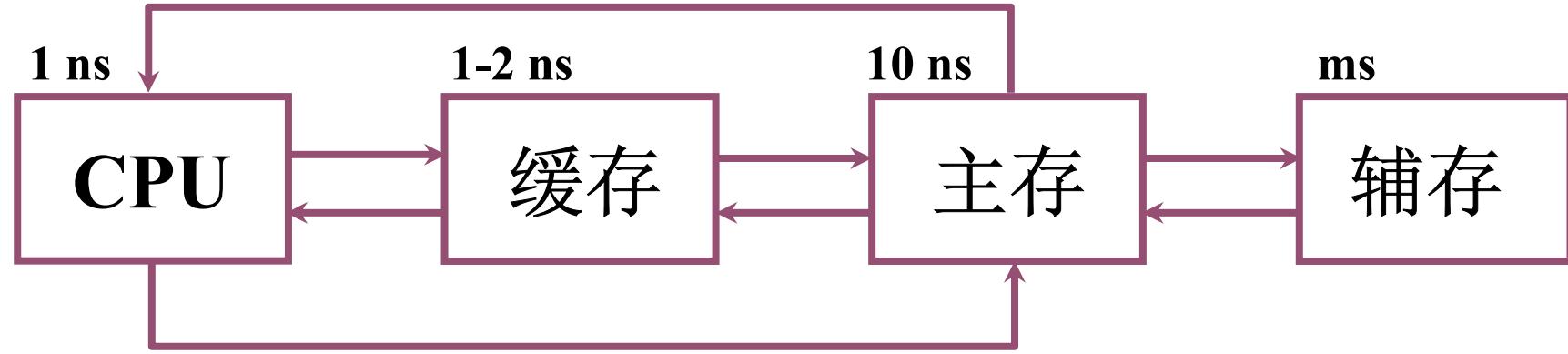
二、存储器的层次结构

目标：整体性能接近寄存器，成本接近硬盘

特点：性能、容量、成本具有数量级差距



2. 缓存—主存层次和主存—辅存层次



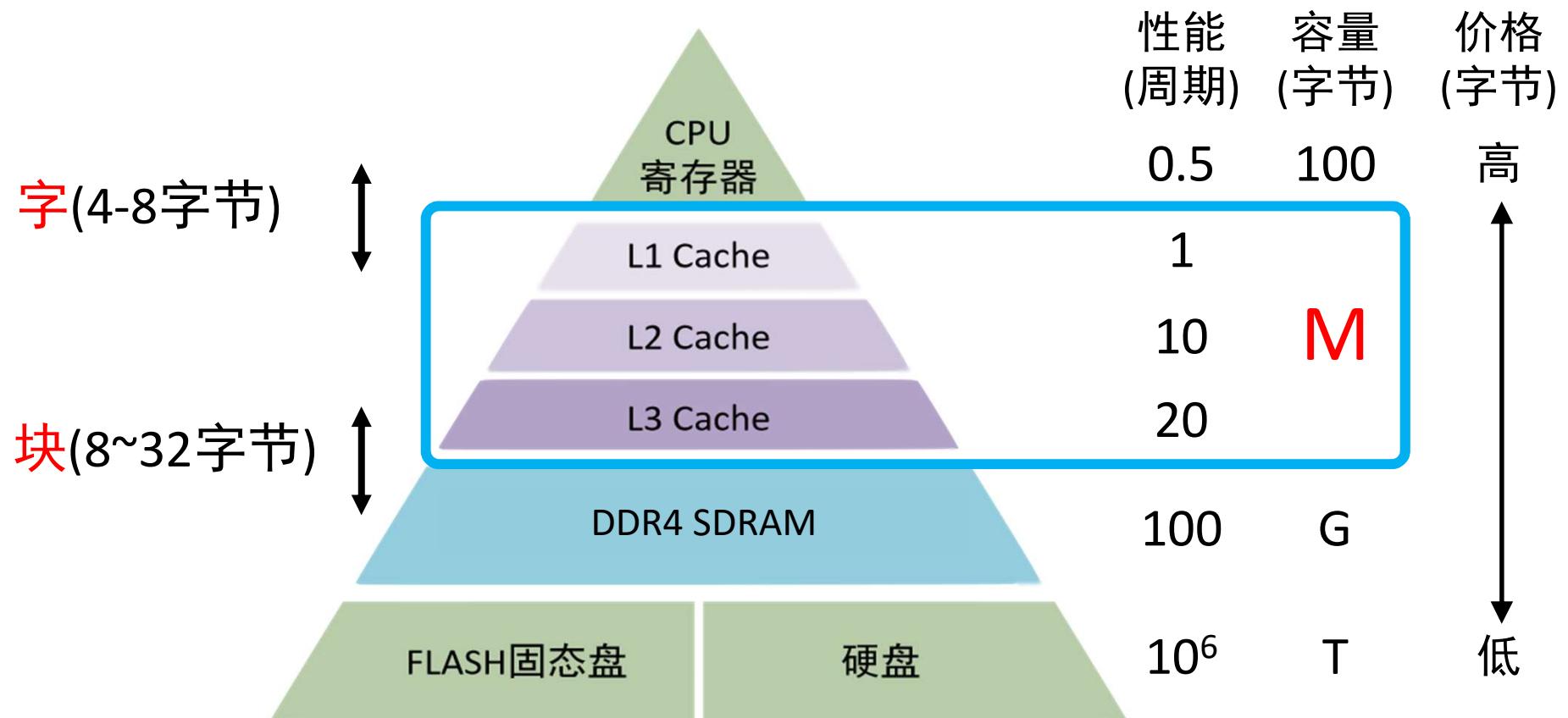
(速度) (容量)
缓存—主存 主存—辅存

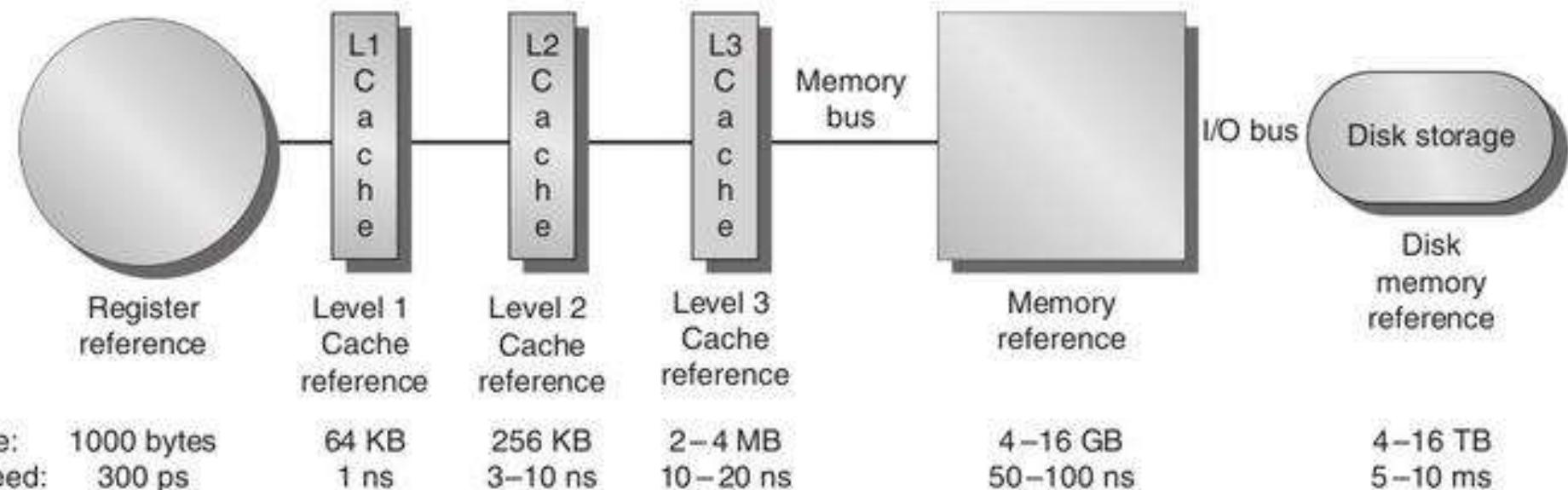
主存储器 虚拟存储器
实地址 虚地址
物理地址 逻辑地址



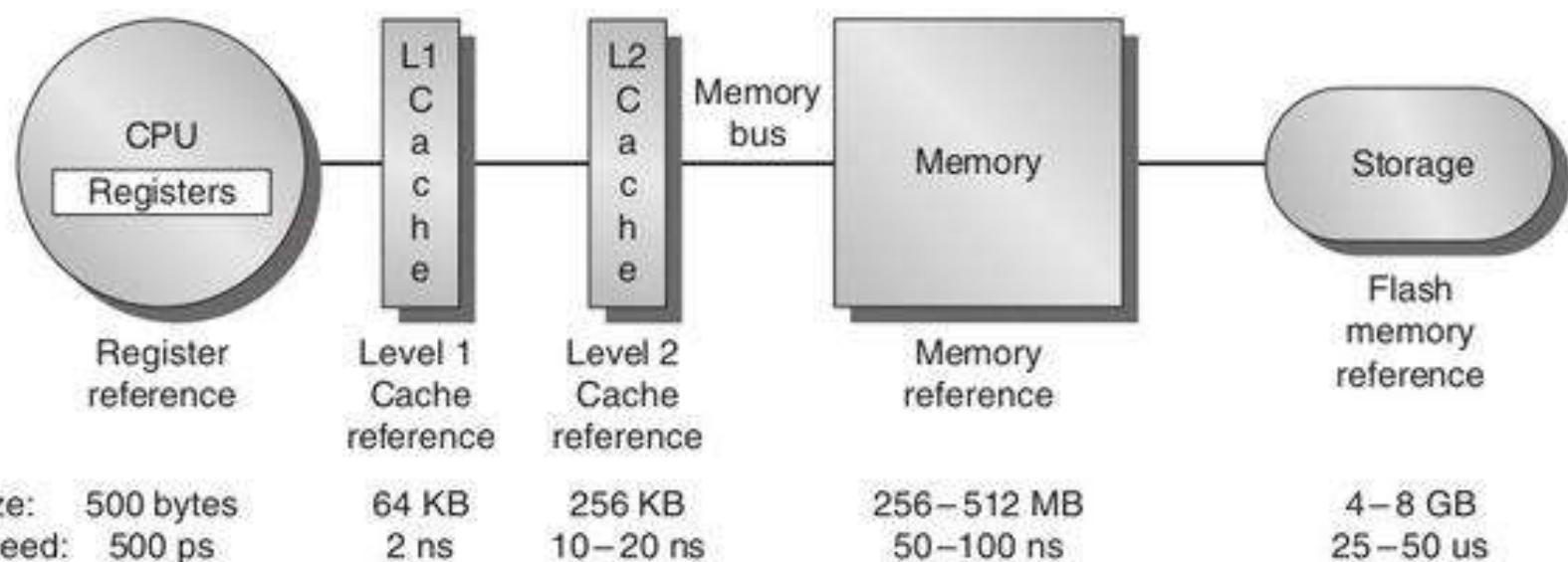
二、存储器的层次结构

Cache是解决CPU-主存性能匹配的关键
小容量、高性能
充分利用了局部性原理



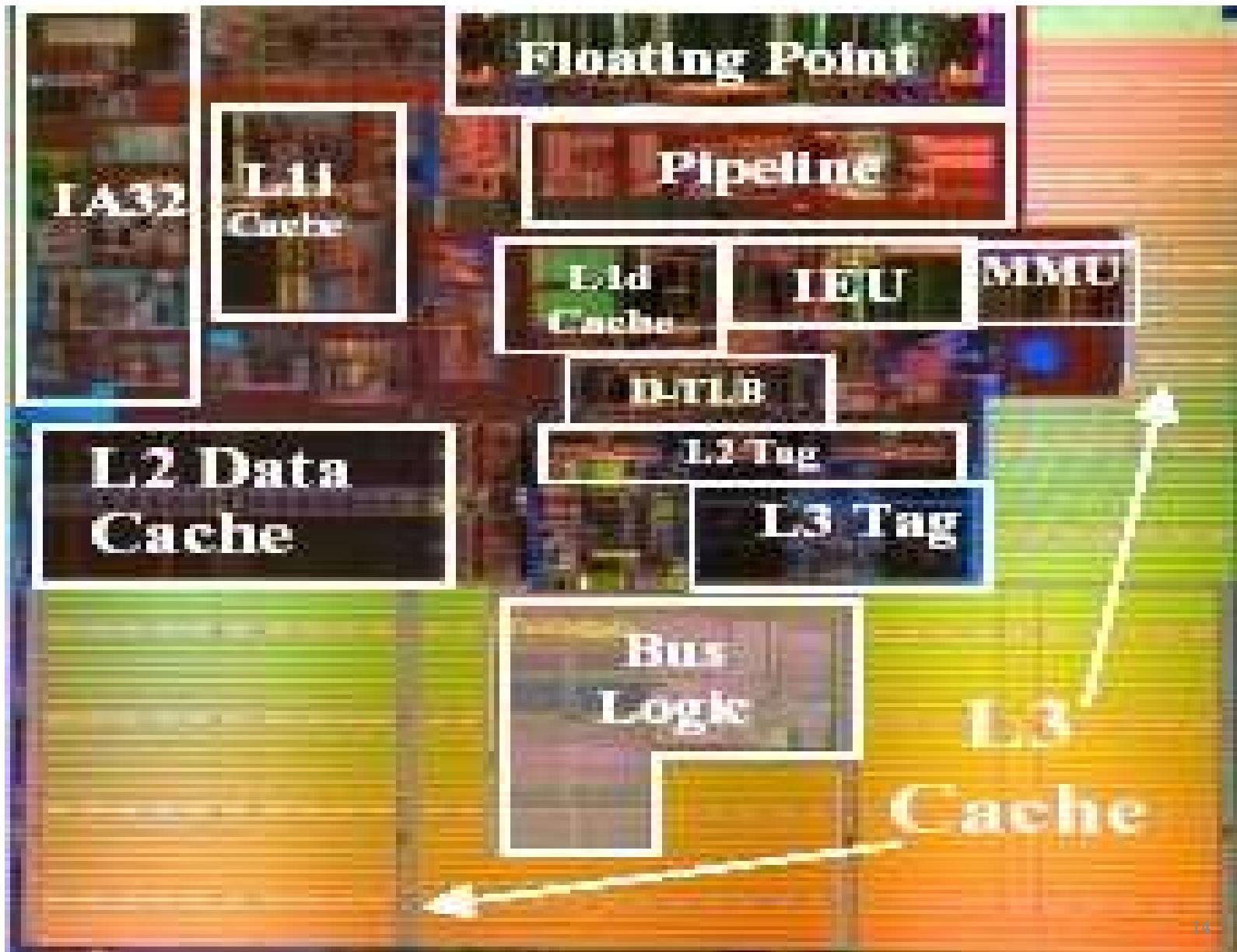


(a) Memory hierarchy for server



(b) Memory hierarchy for a personal mobile device

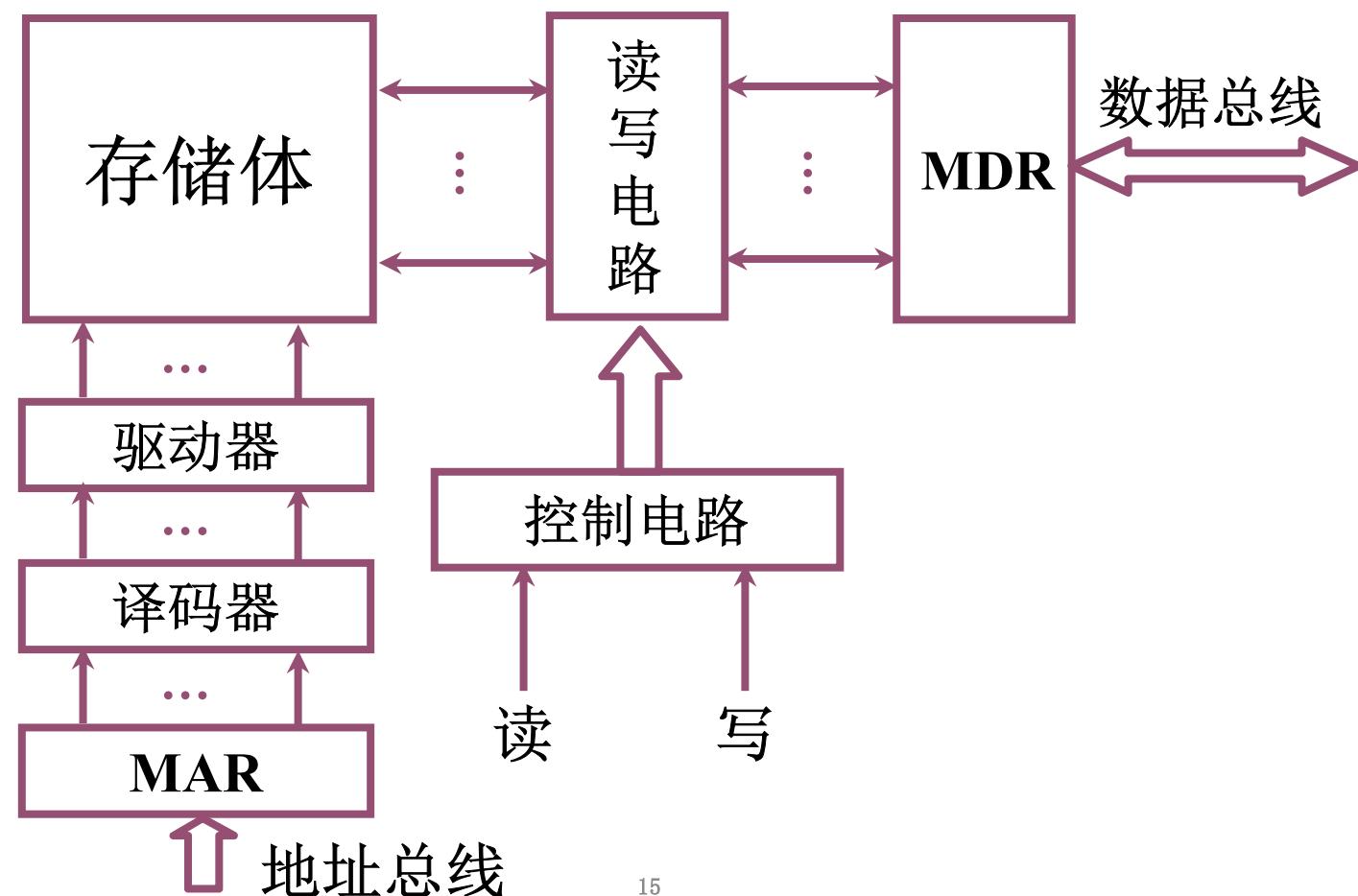
Intel Itanium2 (版图布局)



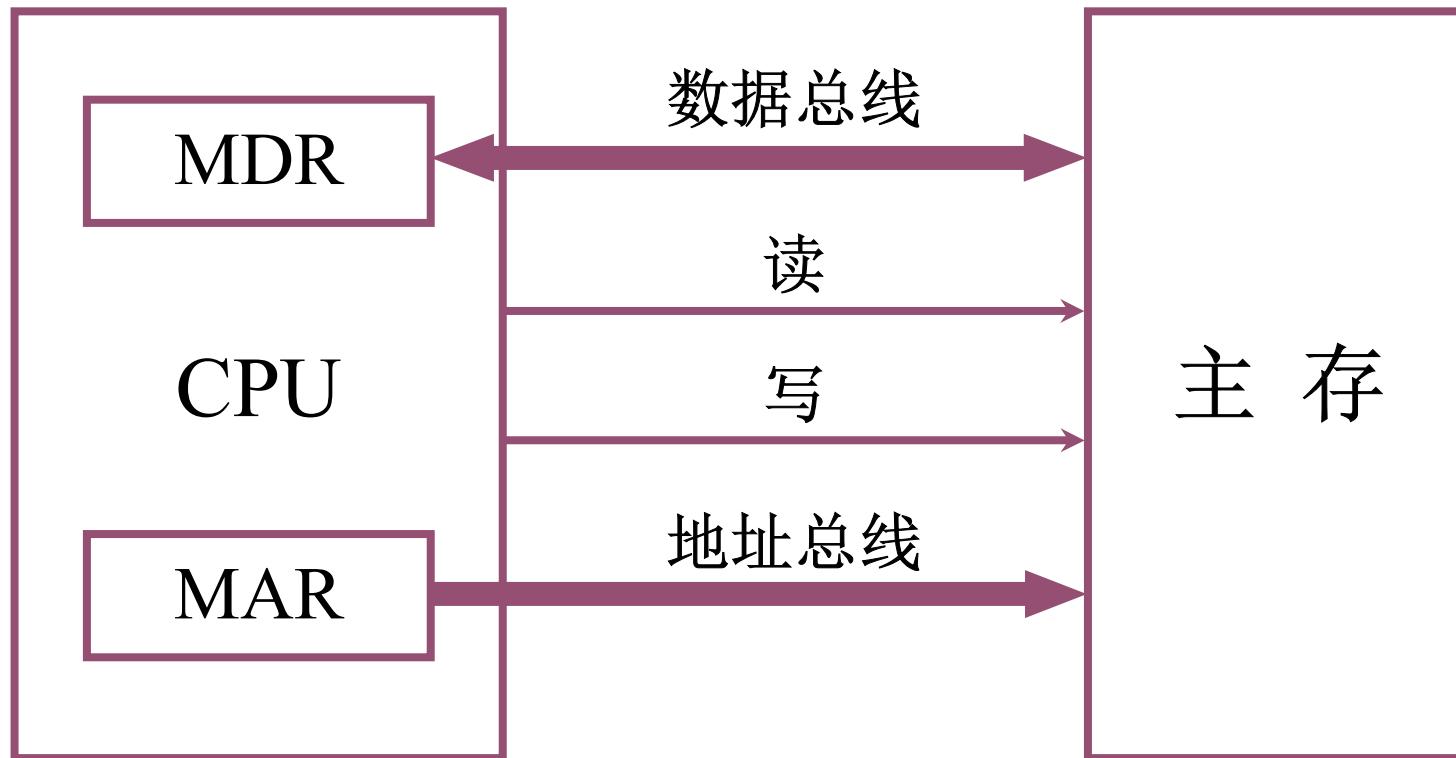
4.2 主存储器

一、概述

1. 主存的基本组成



2. 主存和 CPU 的联系



3. 主存中的数据组织

4.2

- 按边界对齐方式存储数据
- $\text{int } i, \text{short } k, \text{double } x, \text{char } c, \text{short } j$
 - int (4字节) short (2字节) double (8字节) char (1字节)
 - short 按16位对齐, int 按32位对齐, double 按32位对齐, 64位机按64位对齐

对齐: 访问速度高

	0字节	1字节	2字节	3字节
00		<i>int i</i>		
04	<i>short k</i>			
08		<i>double x</i>		
12				
16	<i>char c</i>		<i>short j</i>	

对齐存放

不对齐: 节约存储空间

	0字节	1字节	2字节	3字节
00		<i>int i</i>		
04	<i>short k</i>			
08		<i>double x</i>		
12			<i>char c</i>	<i>short j</i>
16				

未对齐存放

4. 主存中存储单元地址的分配

4.2

设地址线 24 根 按 字节 寻址 $2^{24} = 16 \text{ MB}$

若字长为 16 位 按 字 寻址 8 MW

若字长为 32 位 按 字 寻址 4 MW

short/long/quad words 在内存中用连续的2/4/8 字节存储
哪个字节是最高/低位?

在不同机器之间交换顺序，会有问题。

大端序(Big Endian)

最高有效位在低地址，如Sun工作站所使用的SPARC

小端序(Little Endian)

最低有效位在低地址，如PC机所使用的x86、amd64

双端序(Bi Endian)

可配置成大/小端序，如ARM、MIPS

4.2

例：假设从内存地址0x00000001处开始存储十六进制数0x12345678，那么

- 大端顺序 存放(按原顺序存储)

0x00000001 (低地址) -- 12 (高位字节)

0x00000002 -- 34

0x00000003 -- 56

0x00000004 -- 78

- 小端顺序 存放(颠倒顺序储存)

0x00000001 (低地址) -- 78 (低位字节)

0x00000002 -- 56

0x00000003 -- 34

0x00000004 -- 12

5. 主存的技术指标

(1) 存储容量 主存存放二进制代码的总位数

(2) 存储速度

• 存取时间 存储器的 访问时间

读出时间 写入时间

• 存取周期 连续两次独立的存储器操作

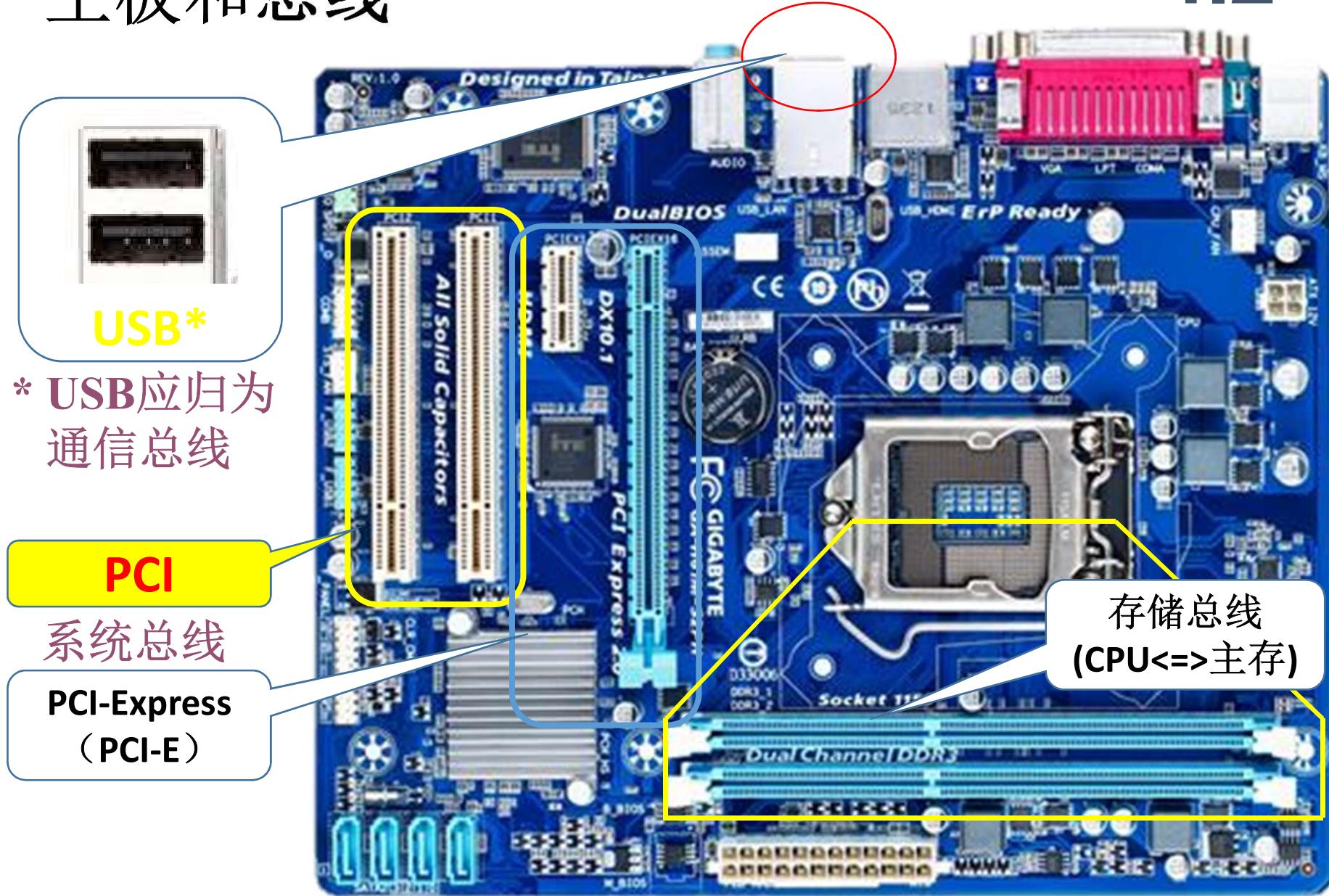
(读或写) 所需的 最小间隔时间

读周期 写周期

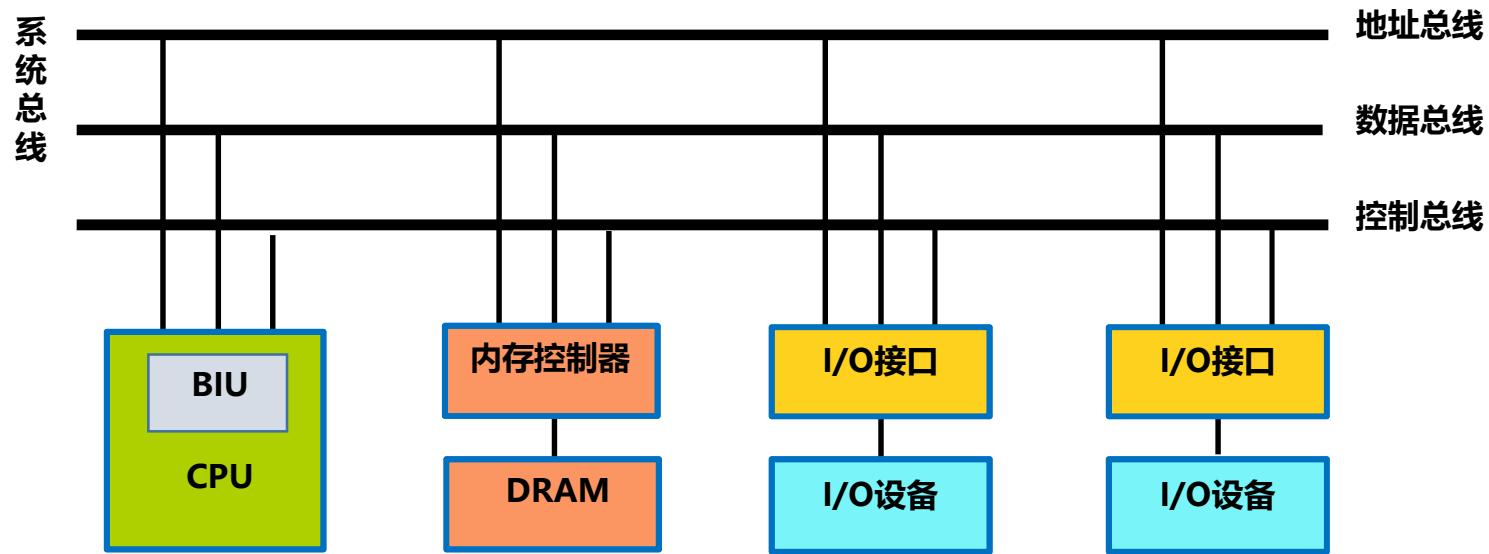
(3) 存储器的带宽 单位时间内存储器存取的信息量
 位/秒

4.2

主板和总线

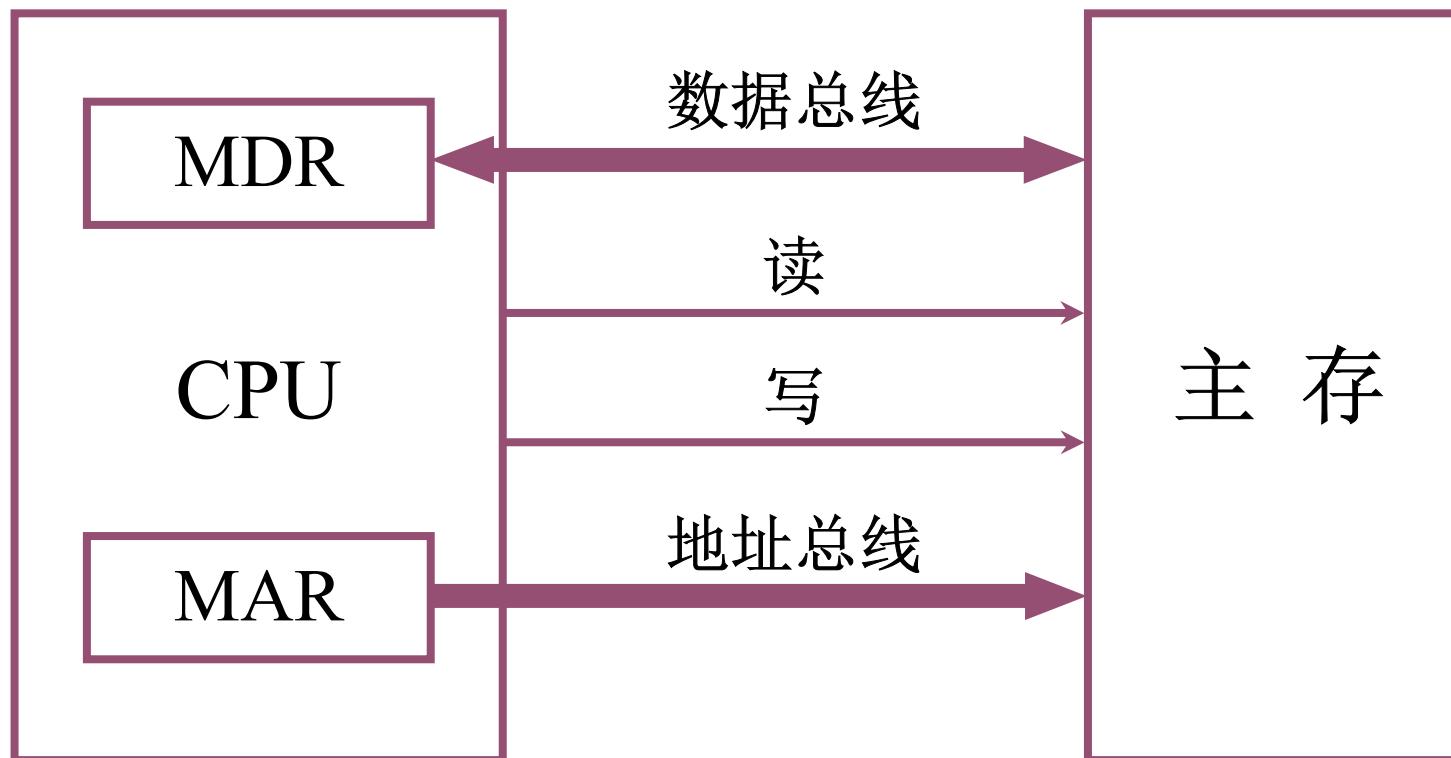


总线组成（示例）



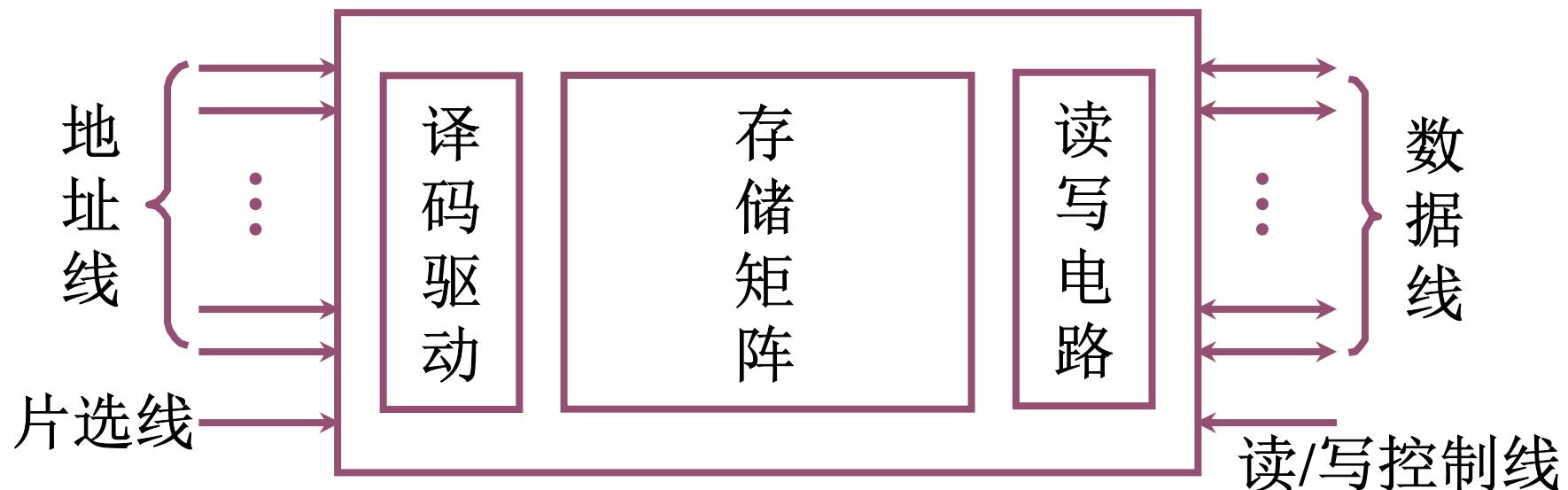
- 数据总线
 - 传送数据信息，双向传输
- 地址总线
 - 传送地址，单向传输
- 控制总线
 - 传送控制信号和时序信号
- 电源、地线

主存和 CPU 的联系



二、半导体存储芯片简介

1. 半导体存储芯片的基本结构



地址线 (单向)	数据线 (双向)	芯片容量
----------	----------	------

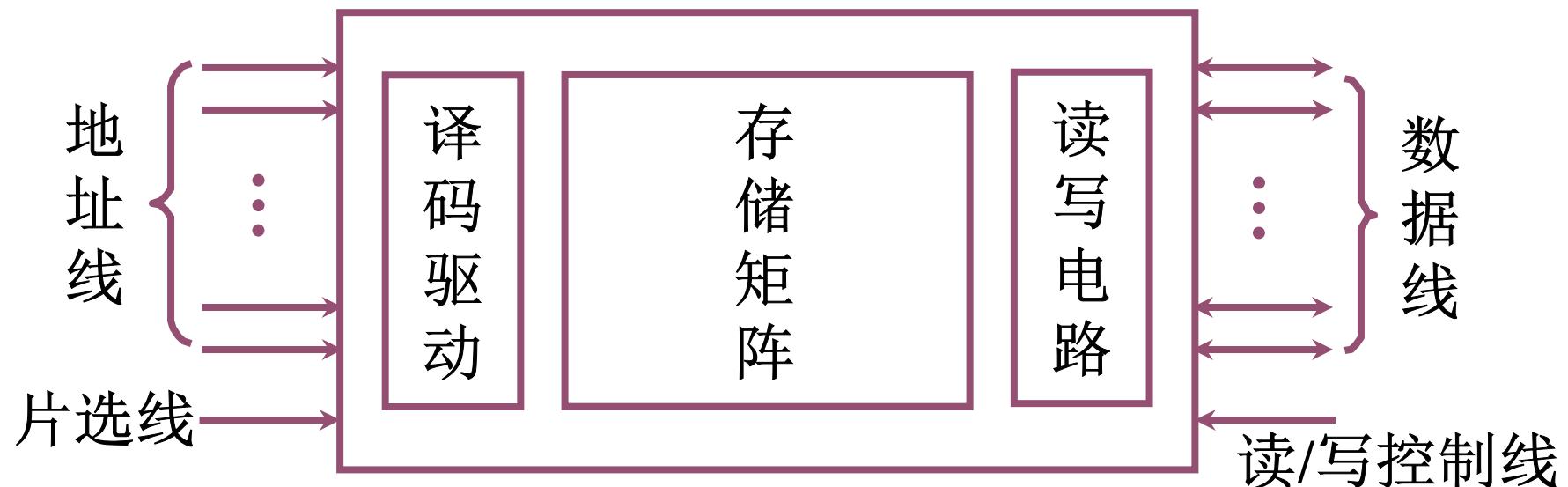
10	4	$1K \times 4$ 位
----	---	-----------------

14	1	$16K \times 1$ 位
----	---	------------------

13	8	$8K \times 8$ 位
----	---	-----------------

二、半导体存储芯片简介

1. 半导体存储芯片的基本结构



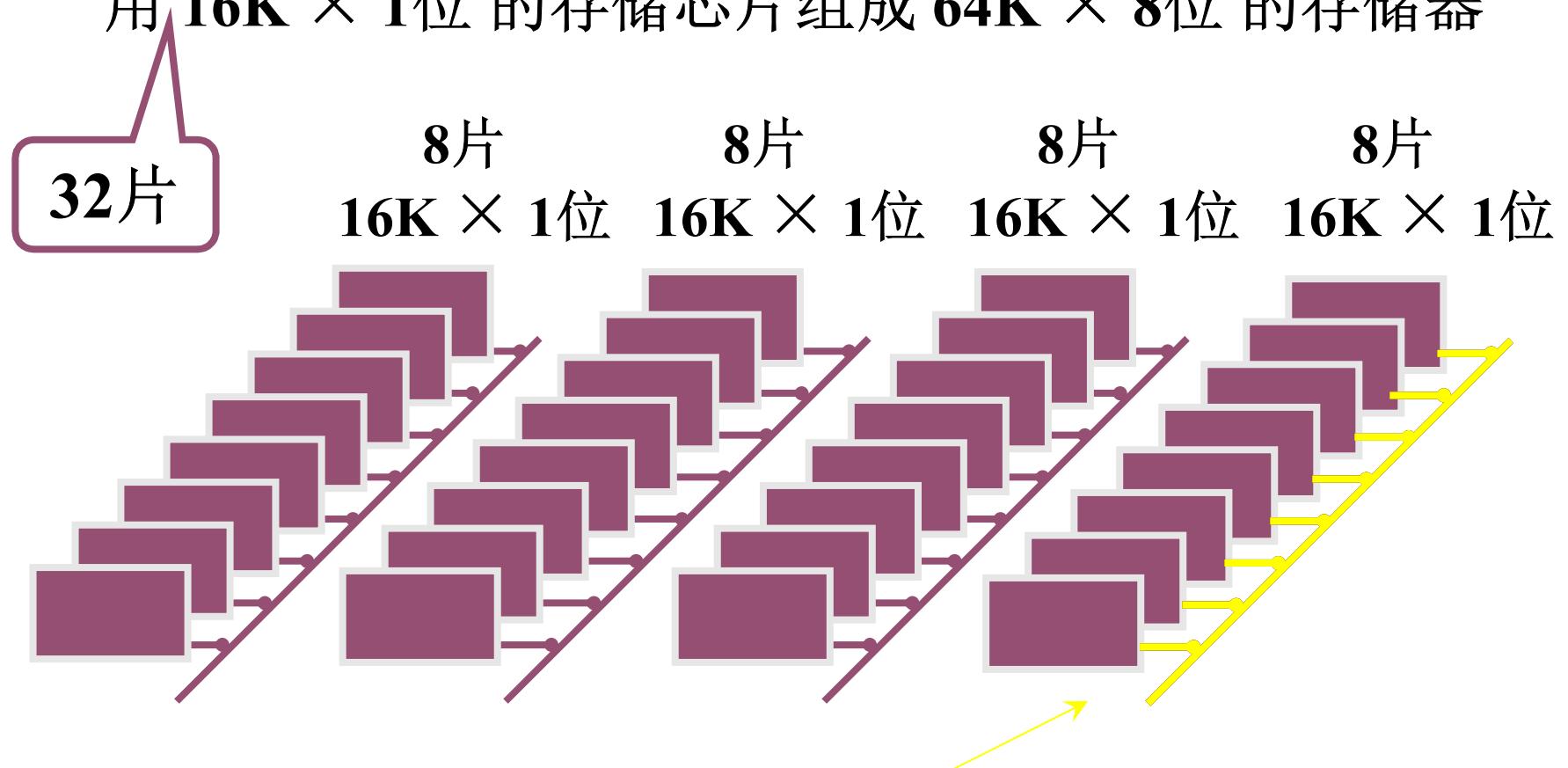
片选线 **CS** **CE**

读/写控制线 **WE** (低电平写 高电平读)

OE (允许读) **WE** (允许写)

存储芯片片选线的作用

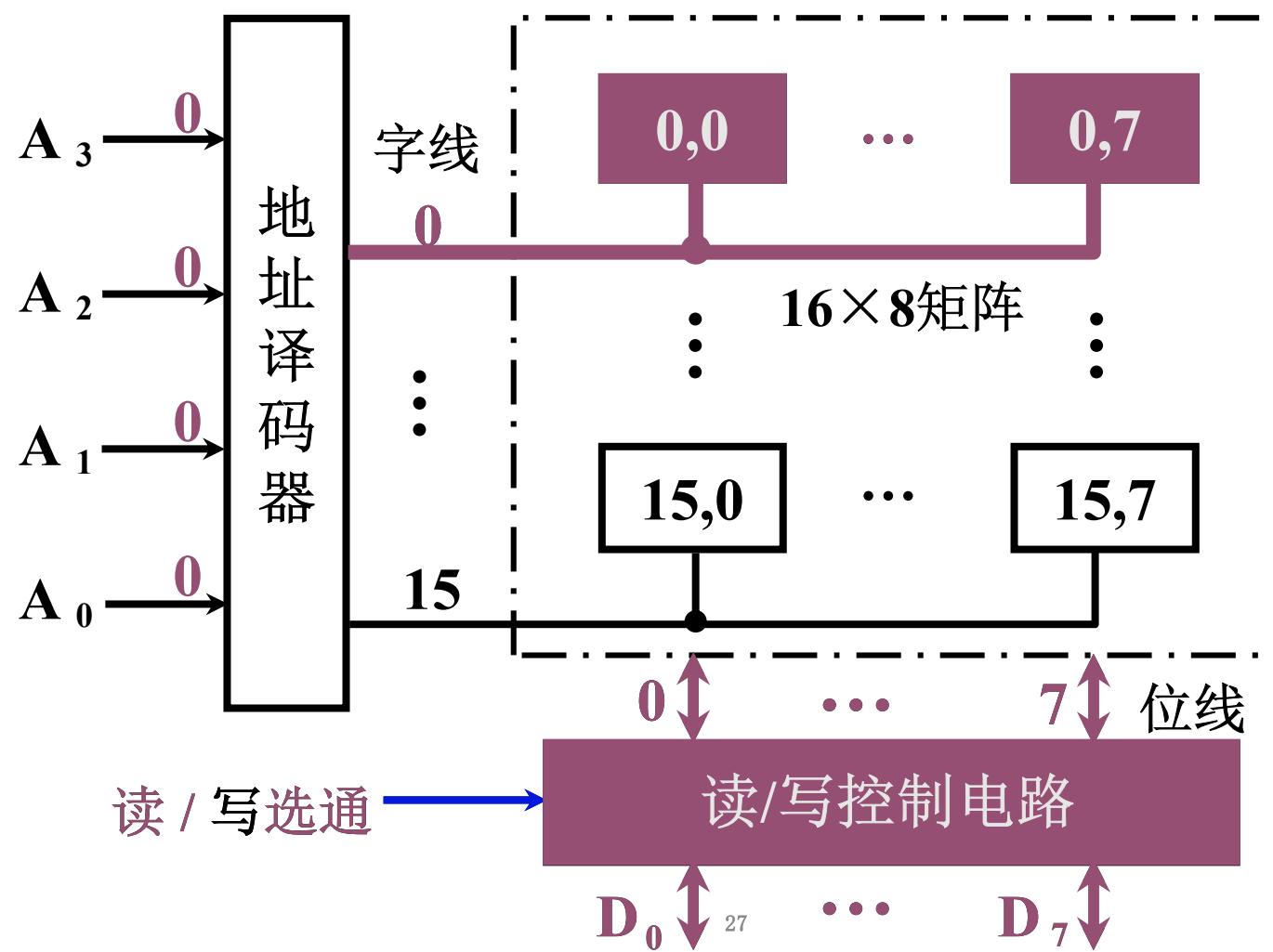
用 $16K \times 1$ 位 的存储芯片组成 $64K \times 8$ 位 的存储器



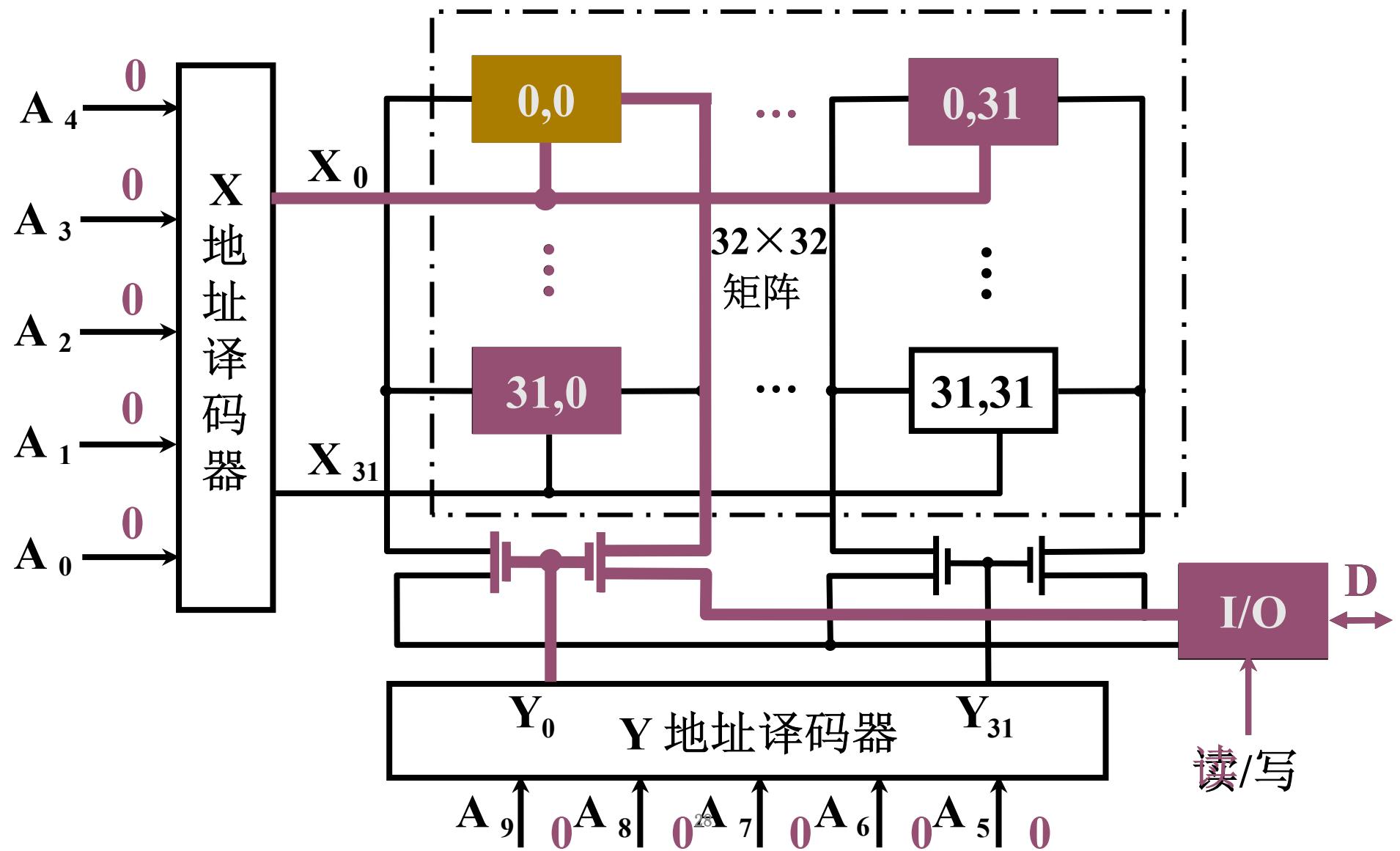
当地址为 65 535 时，此 8 片的片选有效

2. 半导体存储芯片的译码驱动方式

(1) 线选法

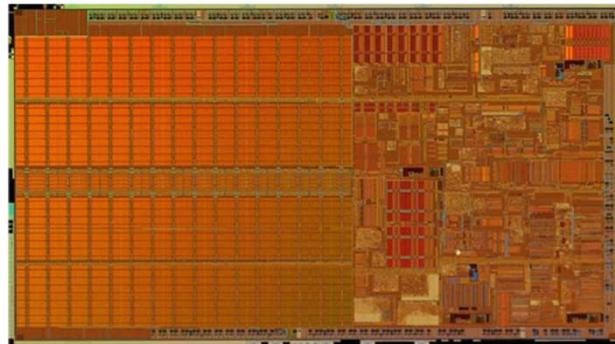


(2) 重合法



4.2

半导体存储器如何存储数据？



SRAM (CPU缓存)



DRAM 内存条

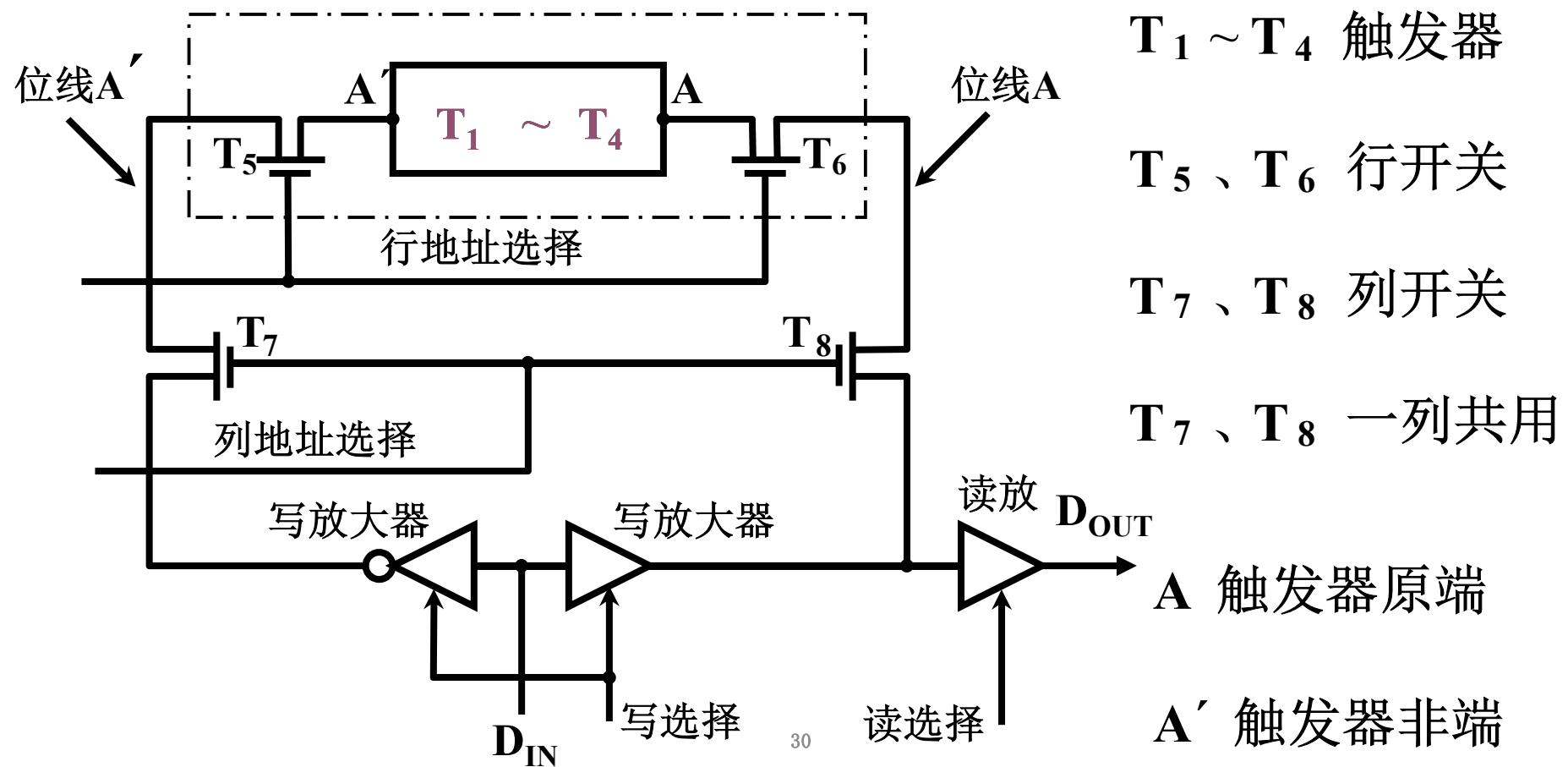
二者为什么存在性能、容量、价格差异？

三、随机存取存储器 (RAM)

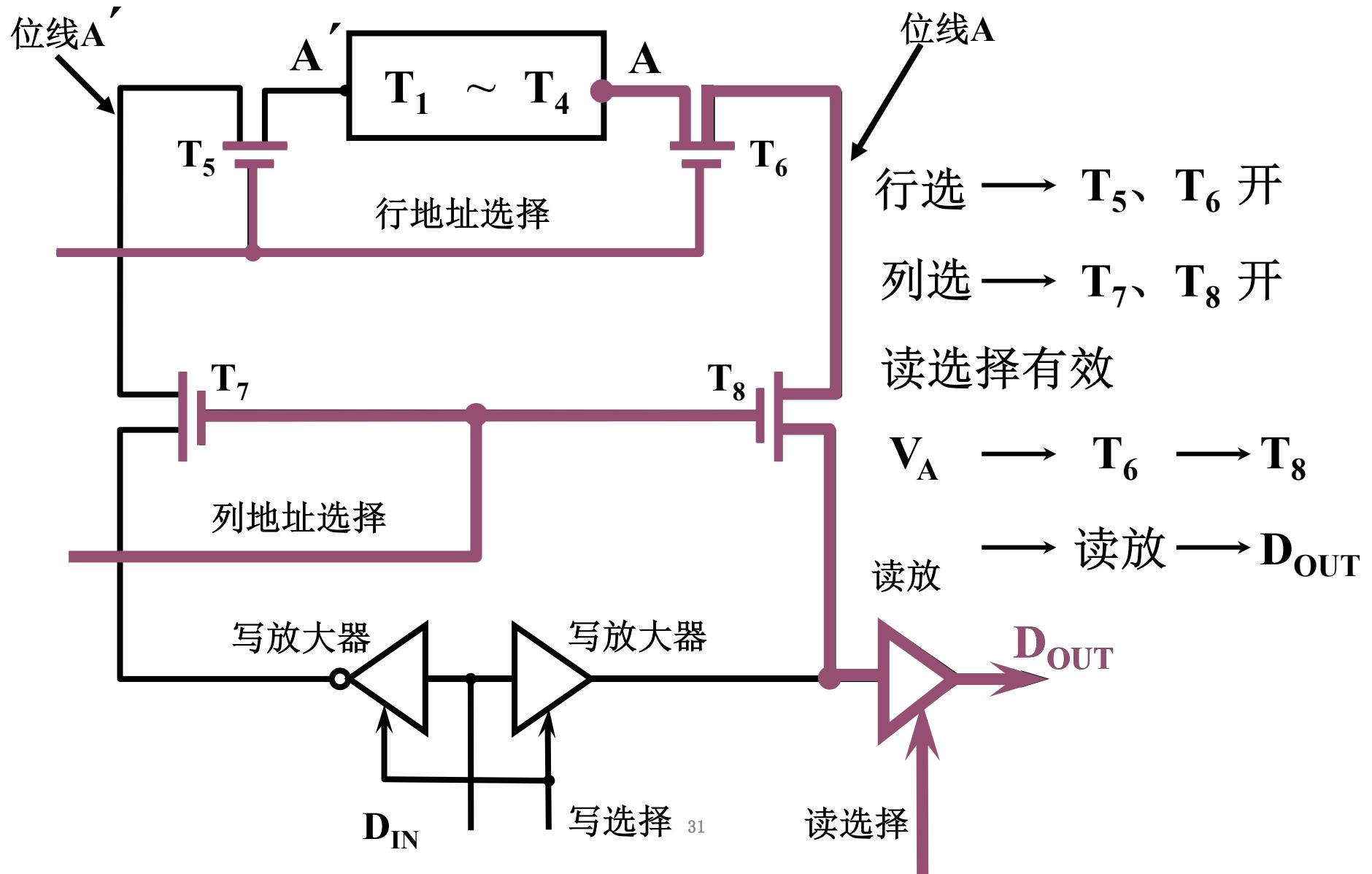
4.2

1. 静态 RAM (SRAM)

(1) 静态 RAM 基本电路

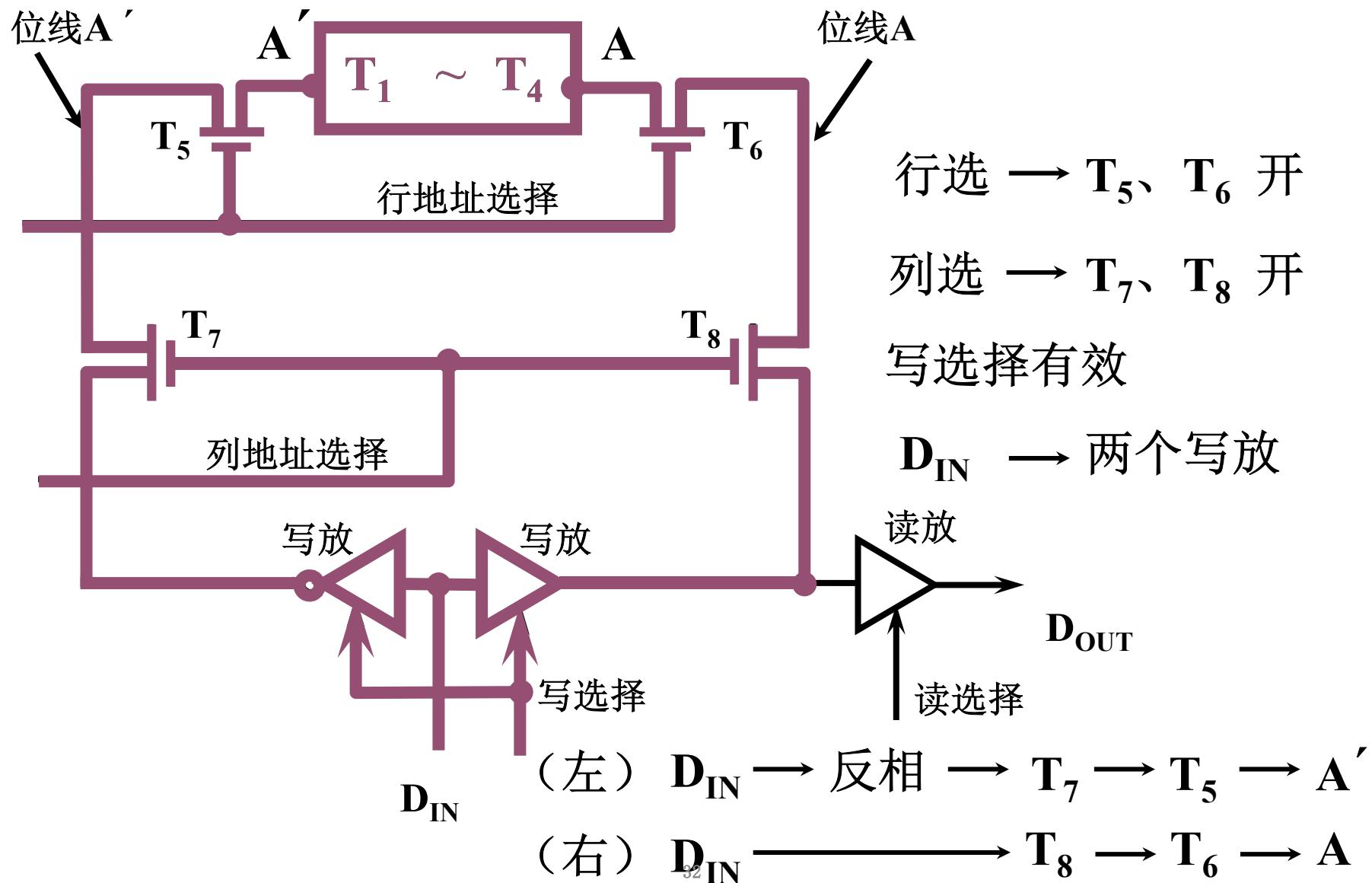


① 静态 RAM 基本电路的 读 操作



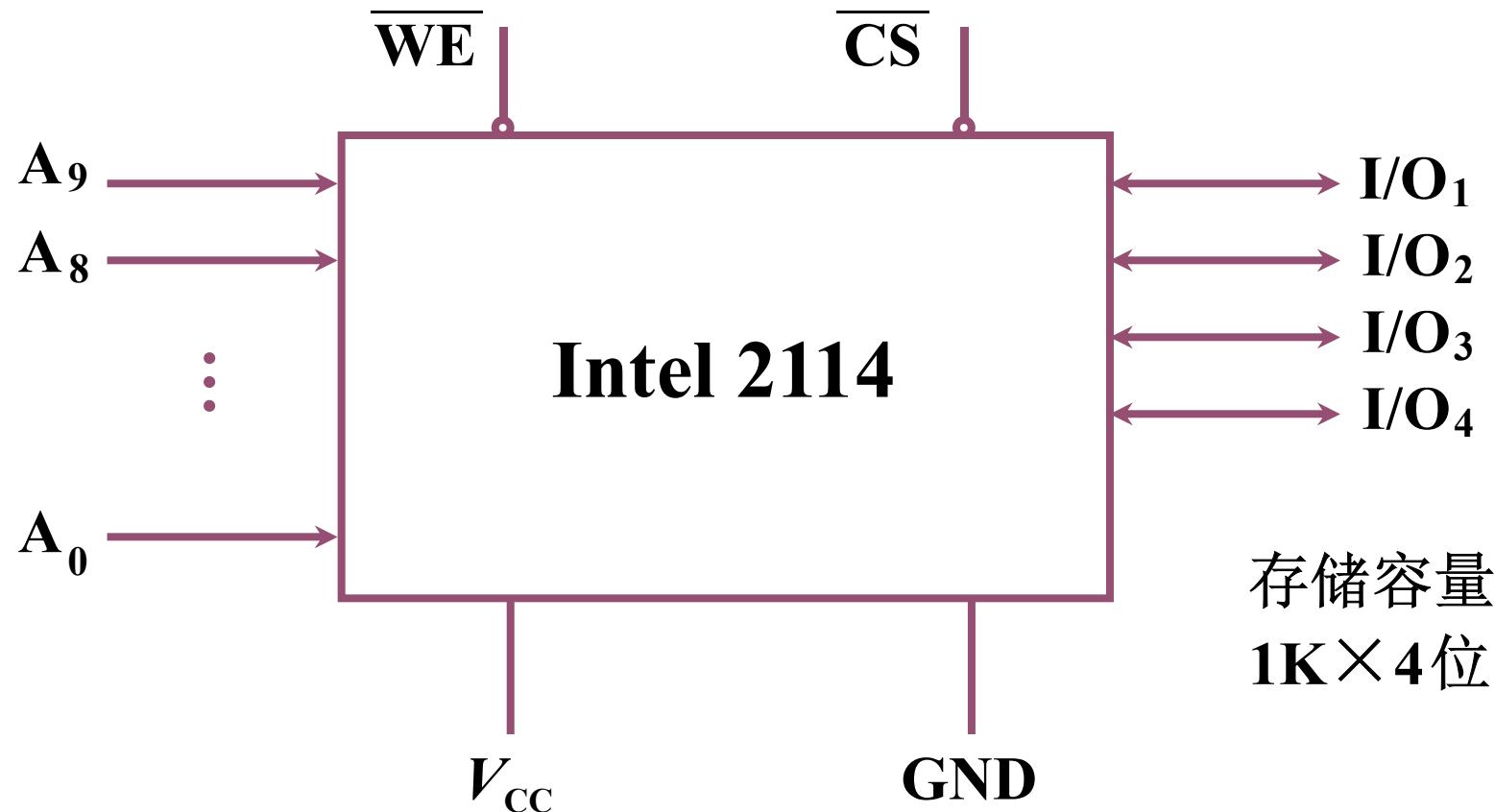
4.2

② 静态 RAM 基本电路的写操作

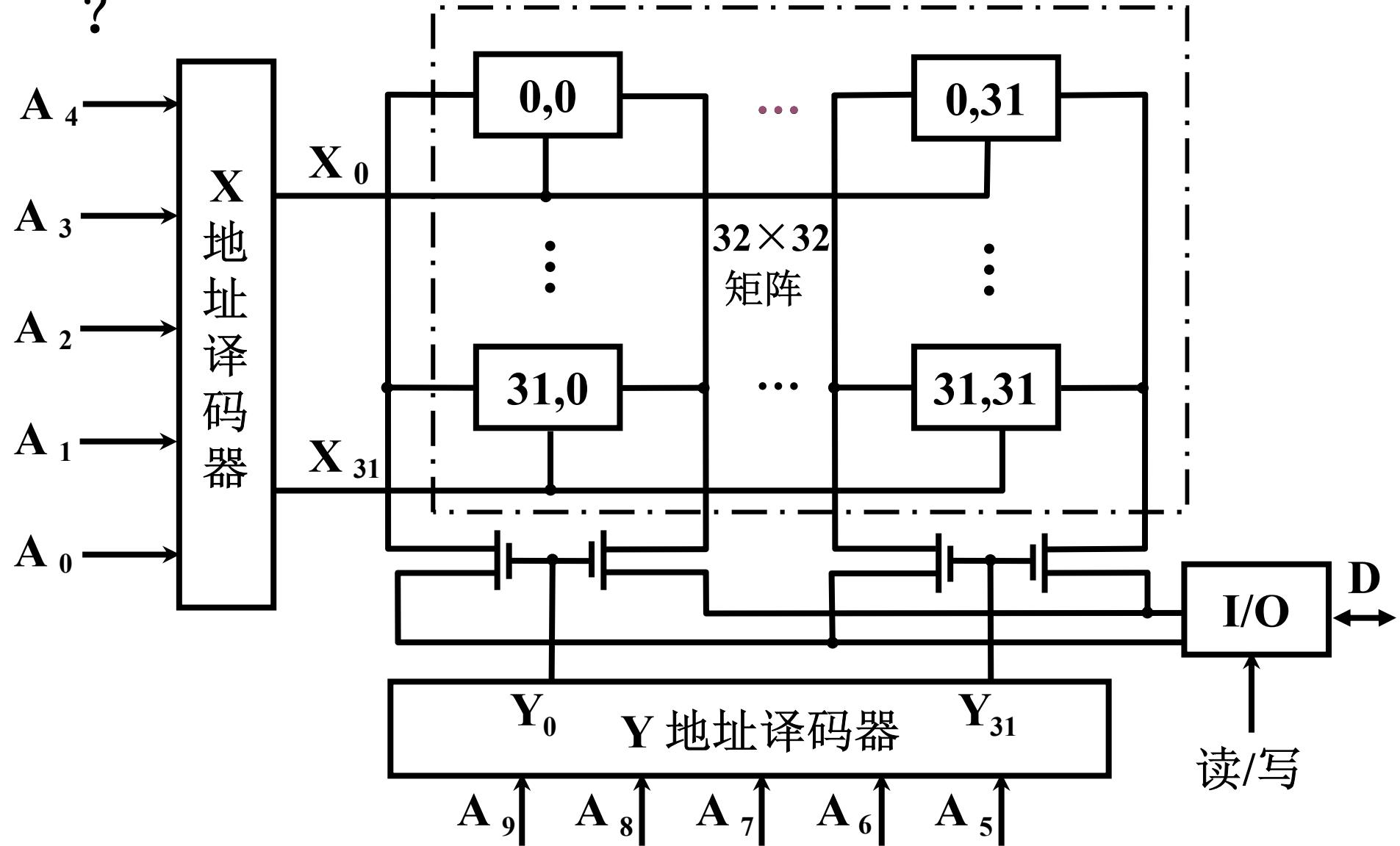


(2) 静态 RAM 芯片举例

① Intel 2114 外特性

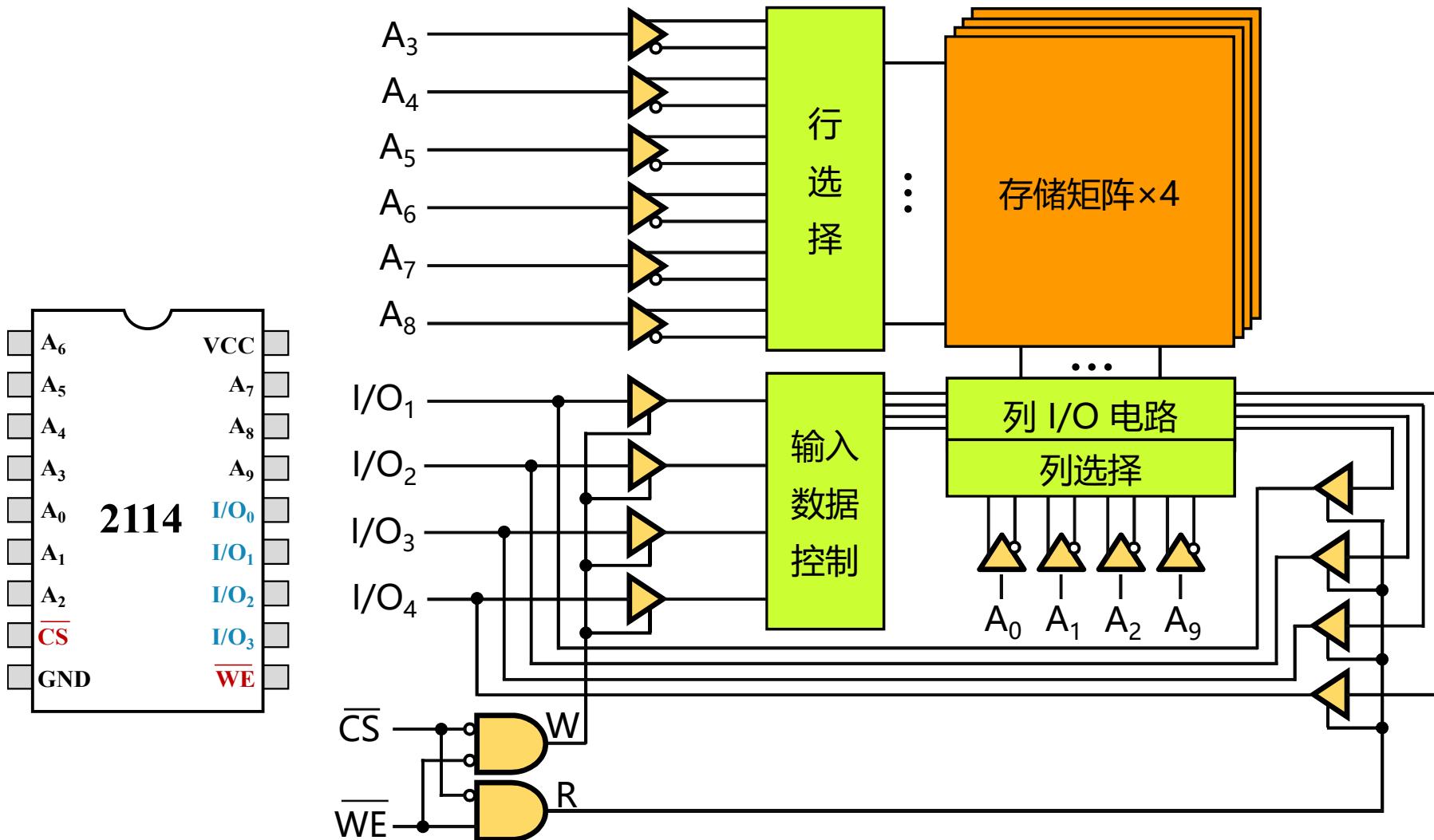


曾经讲到过的重合法，怎么实现选一次四列
？

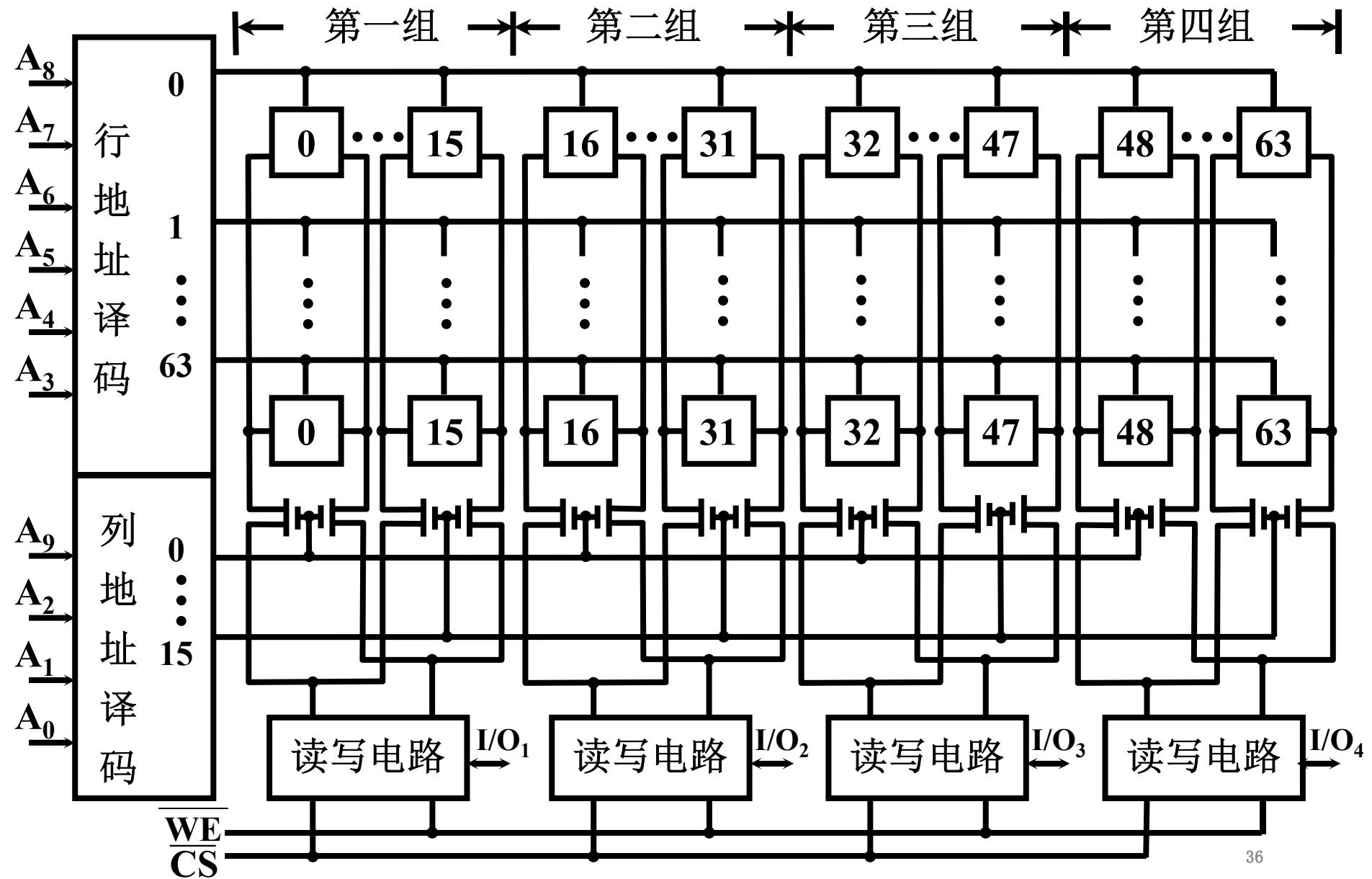


(2) 静态 RAM 芯片举例

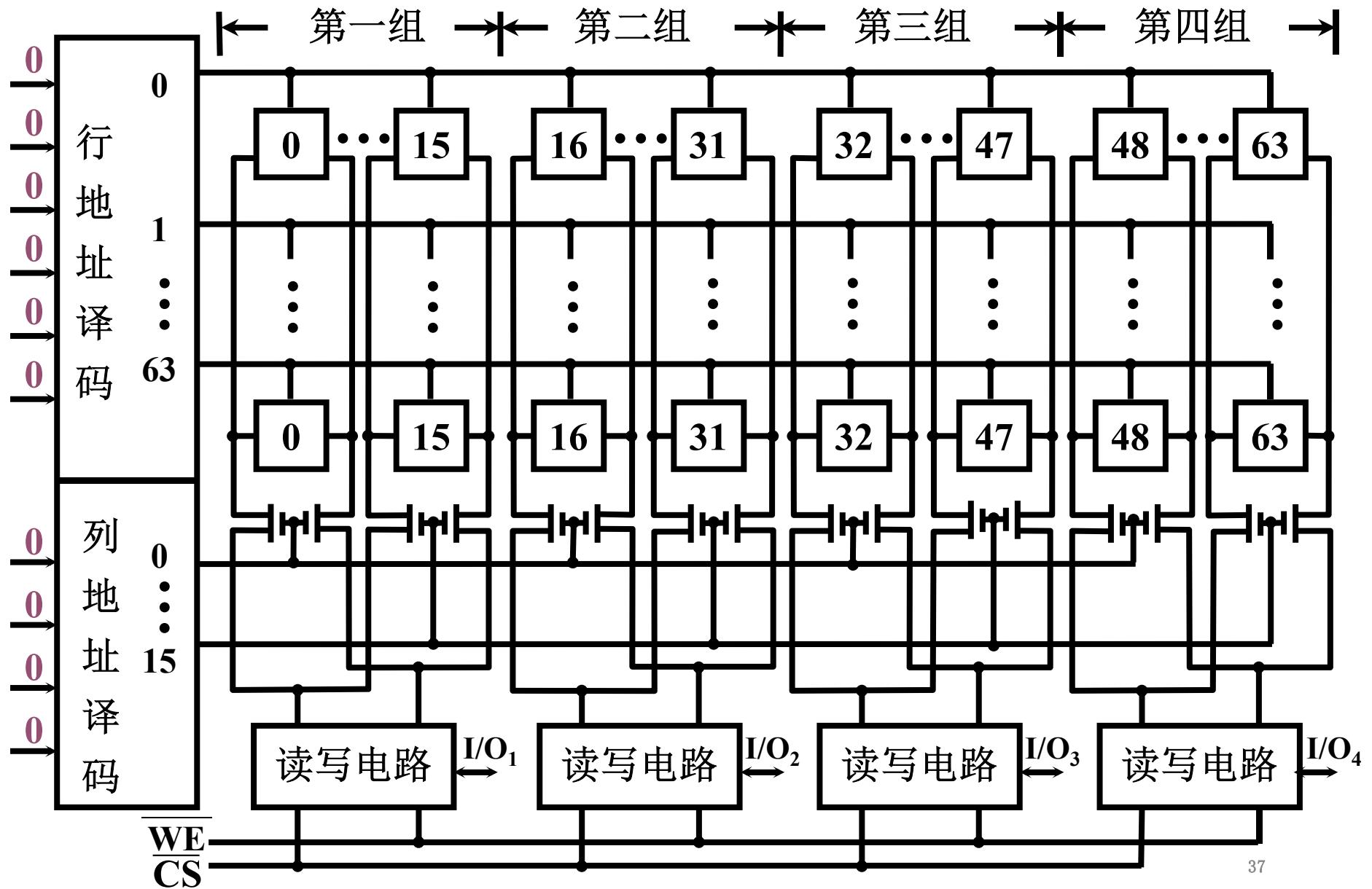
① Intel 2114



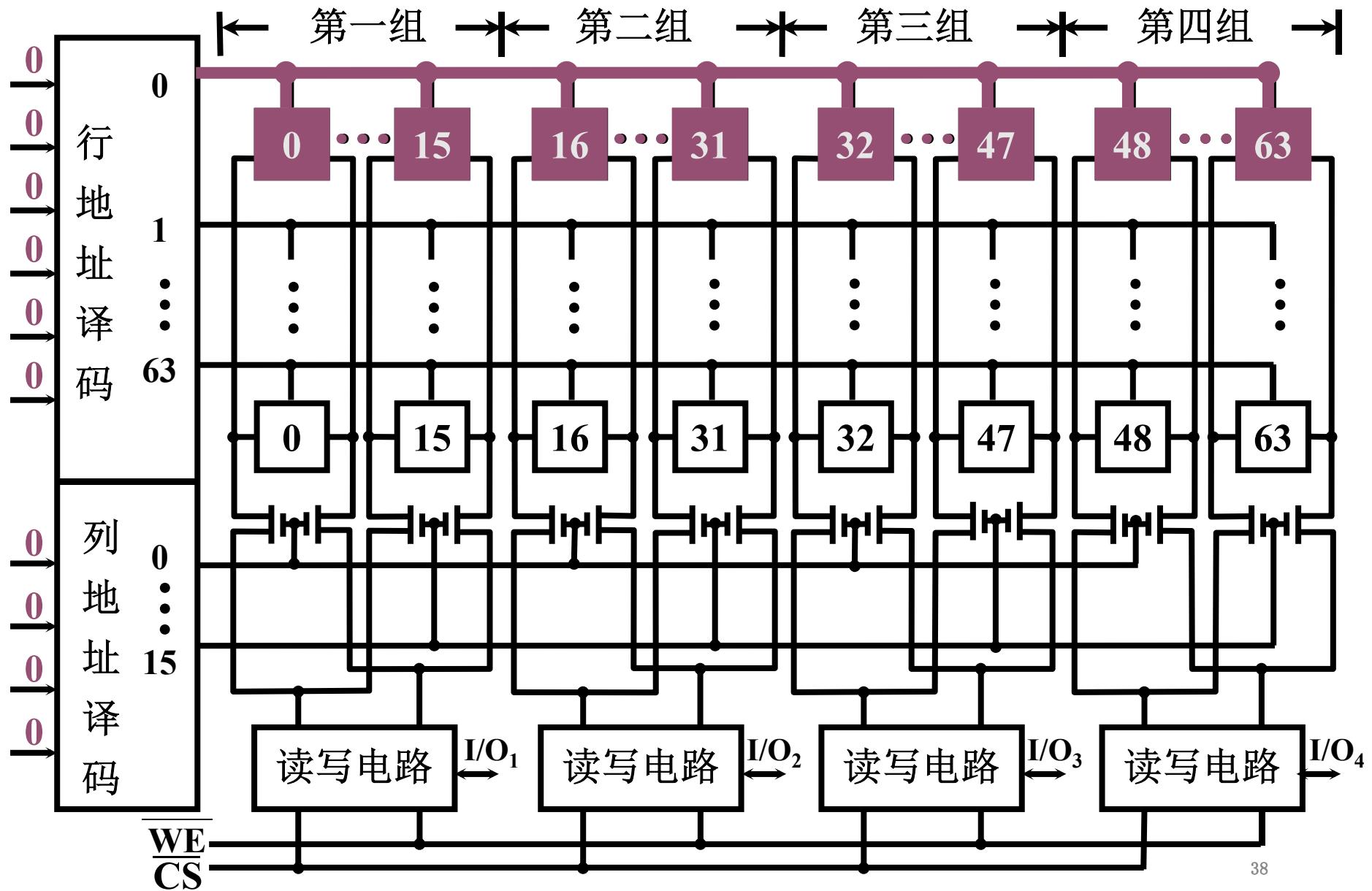
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



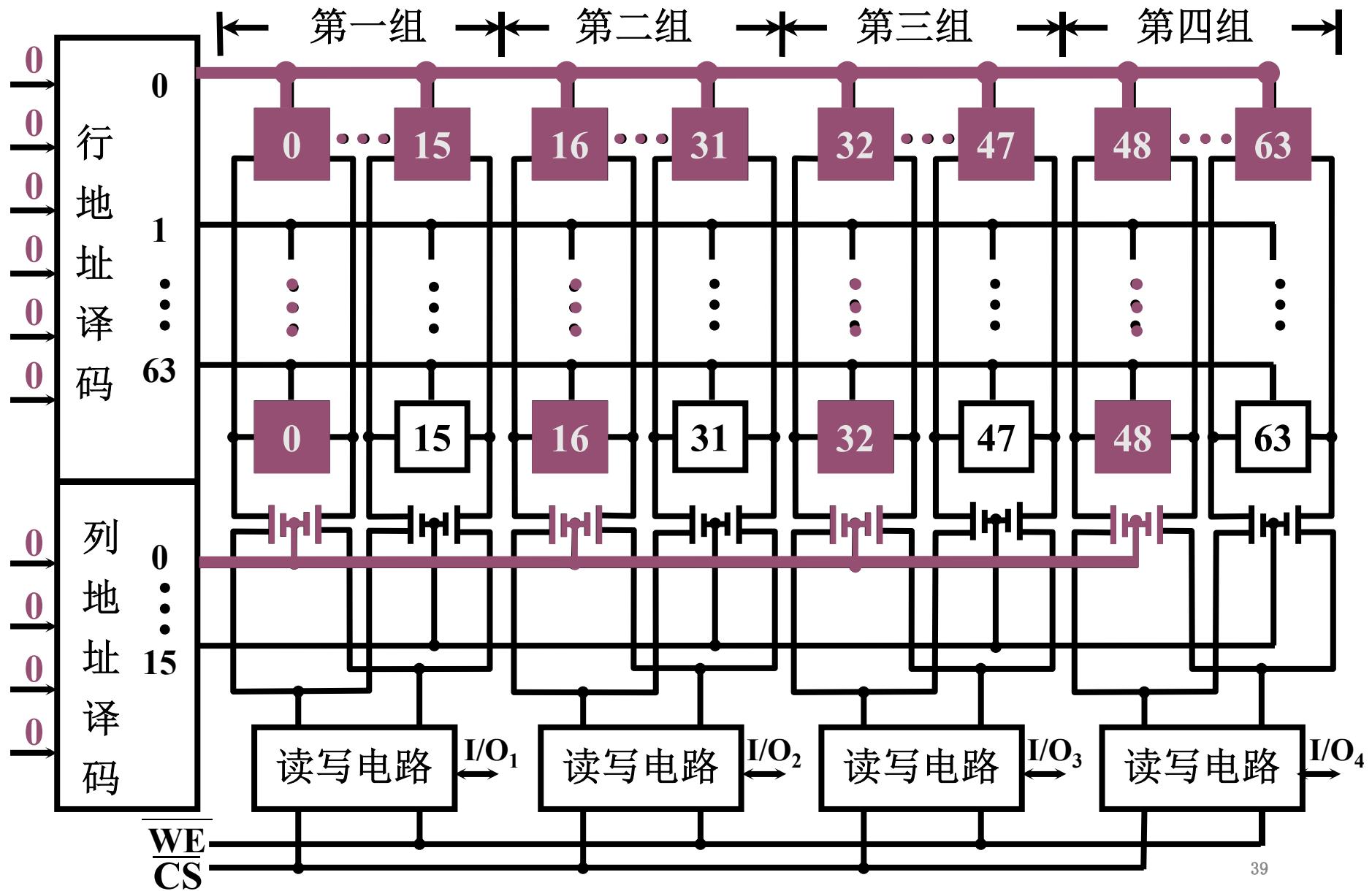
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



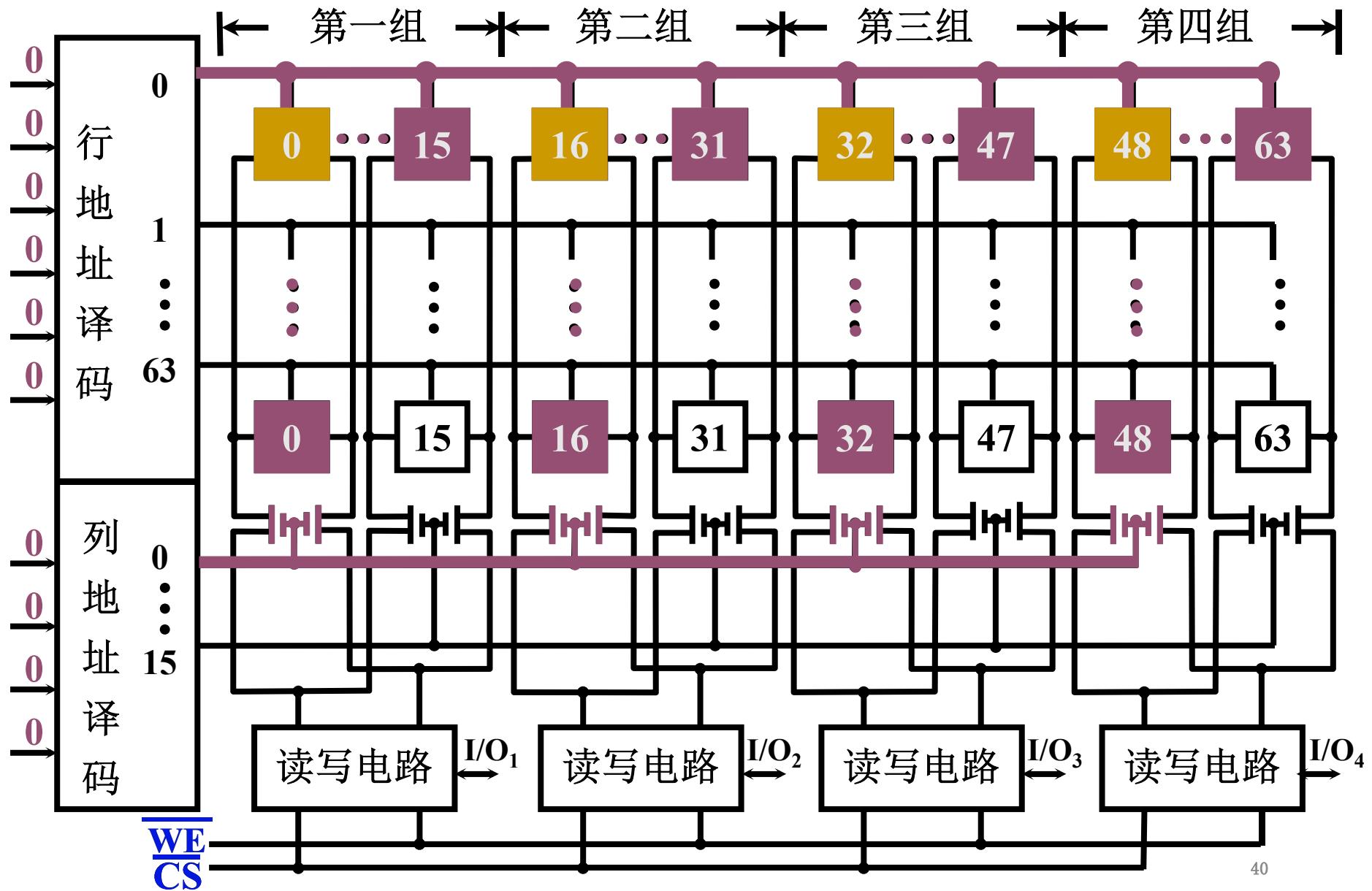
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



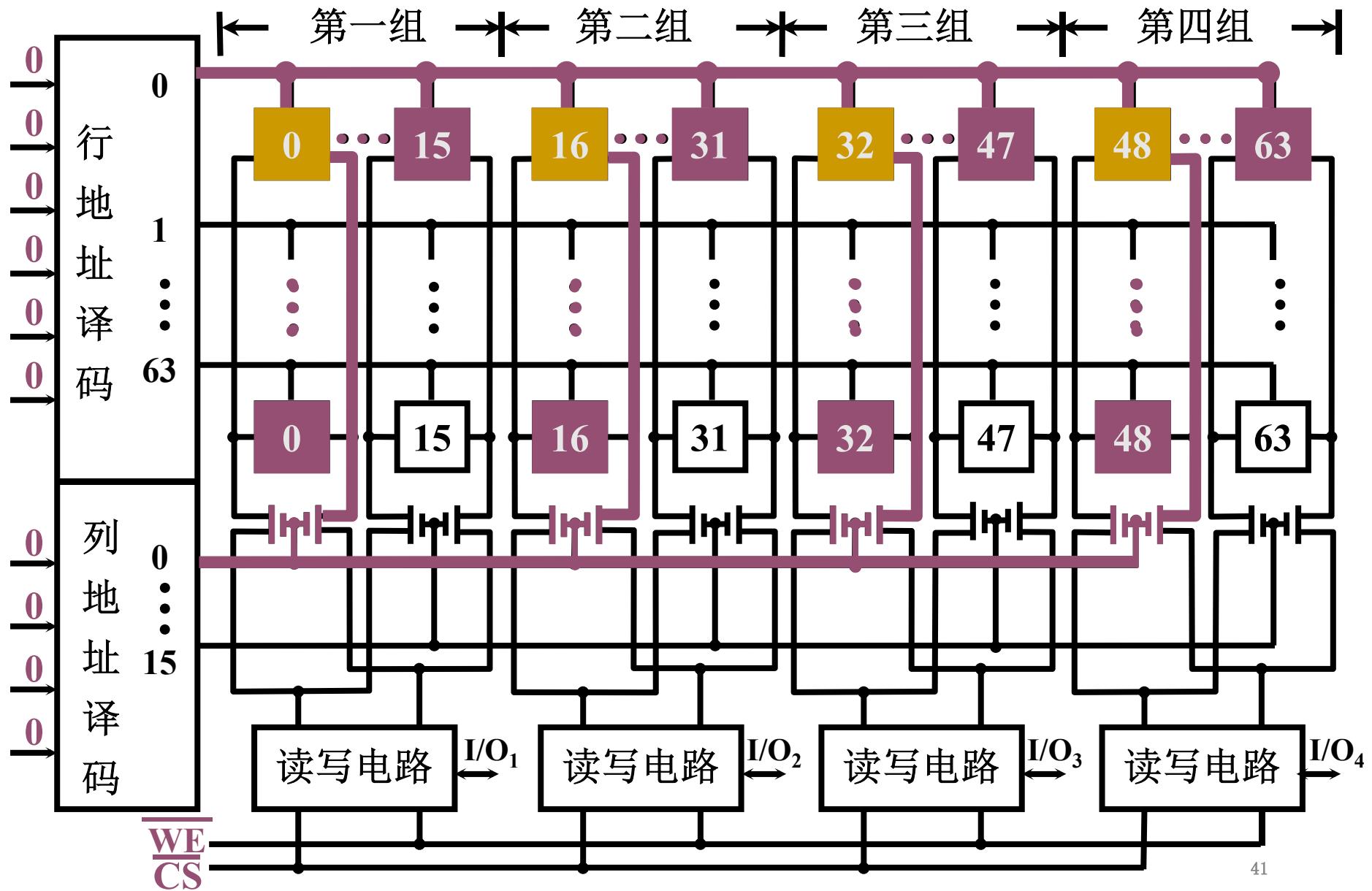
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



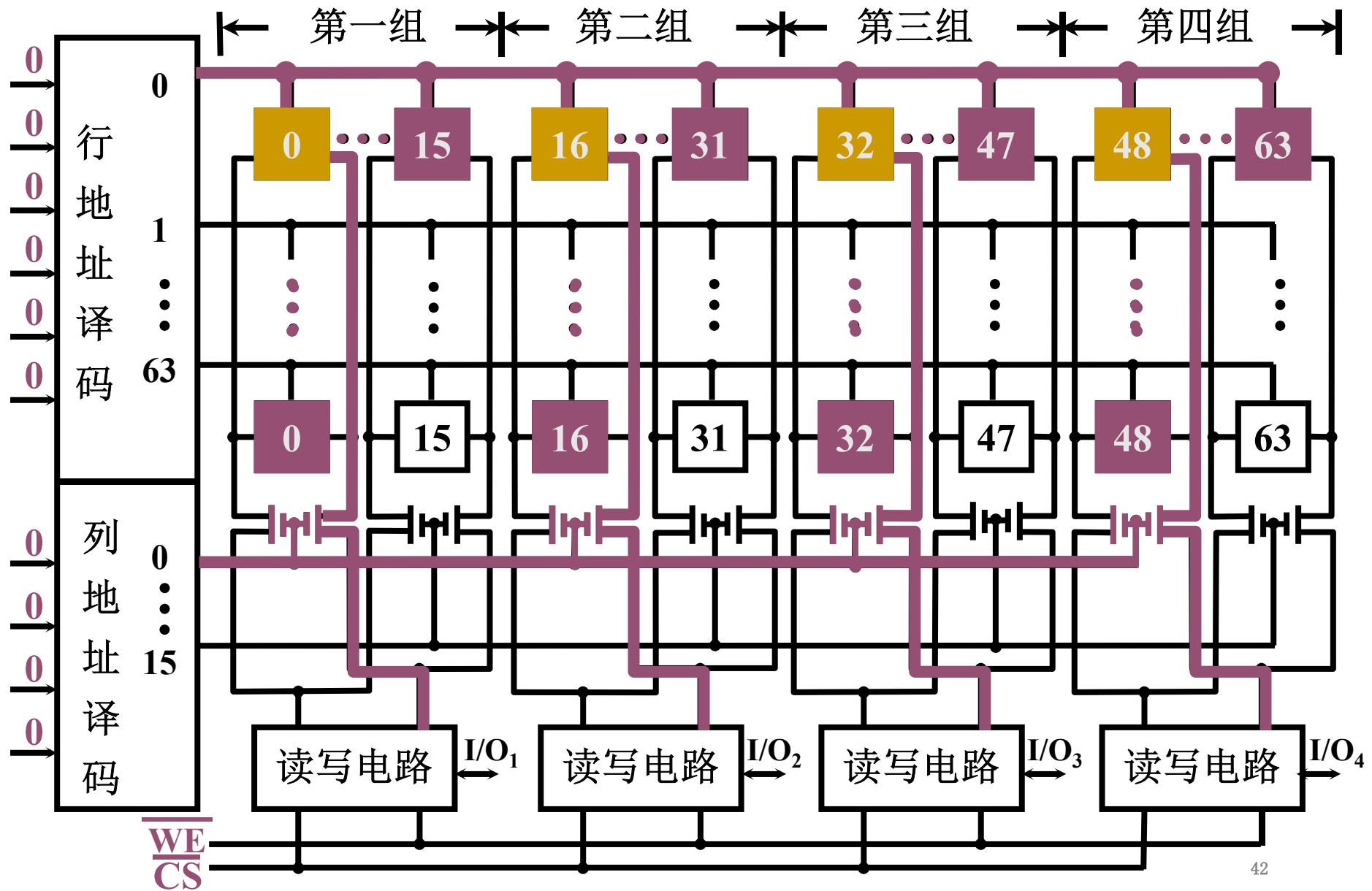
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



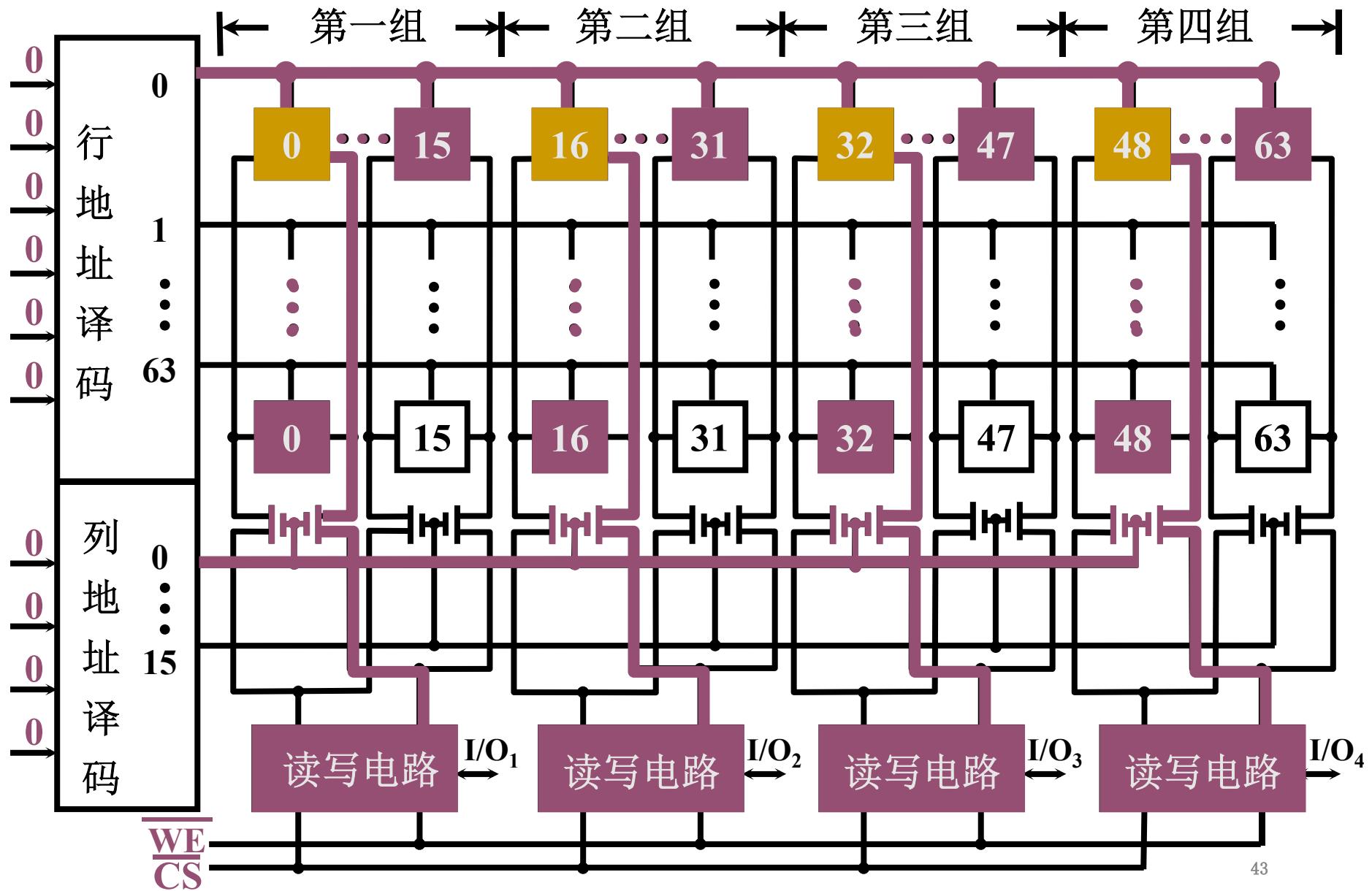
② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2



② Intel 2114 RAM 矩阵 (64×64) 读 4.2

