



《计组II》

第七章——存储系统(1)

李瑞 副教授

蒋志平 讲师

计算机科学与技术学院



温故 & 知新



温故 — 关于流水线(1/3)

- 什么是“流水线相关”？
- 结构相关有哪些解决方案？
- 数据相关有哪些解决方案？
- 控制相关有哪些优化方案？
- 简述冻结流水线方法？
- 简述预取分支目标法？
- 简述多流法？
- 简述循环缓冲器法？



温故 — 关于流水线(2/3)

- 简述分支预测法？它和上面的方法有何区别？
- 何为静态分支预测？分几类？
- 动态分支预测有哪些方法？
- 简述静态调度
- 简述动态调度
- 简述超标量系统
- 简述超流水系统



温故 — 关于流水线(3/3)

- 超标量、超流水、超标量超流水三种系统的性能如何？原因是什么？
- 简述乱序流水线原理
- 简述超长指令字系统
- 简述超线程原理



温故 & 知新



第7章 存储系统

7.1 存储系统概述

7.1.1 存储系统的层次结构

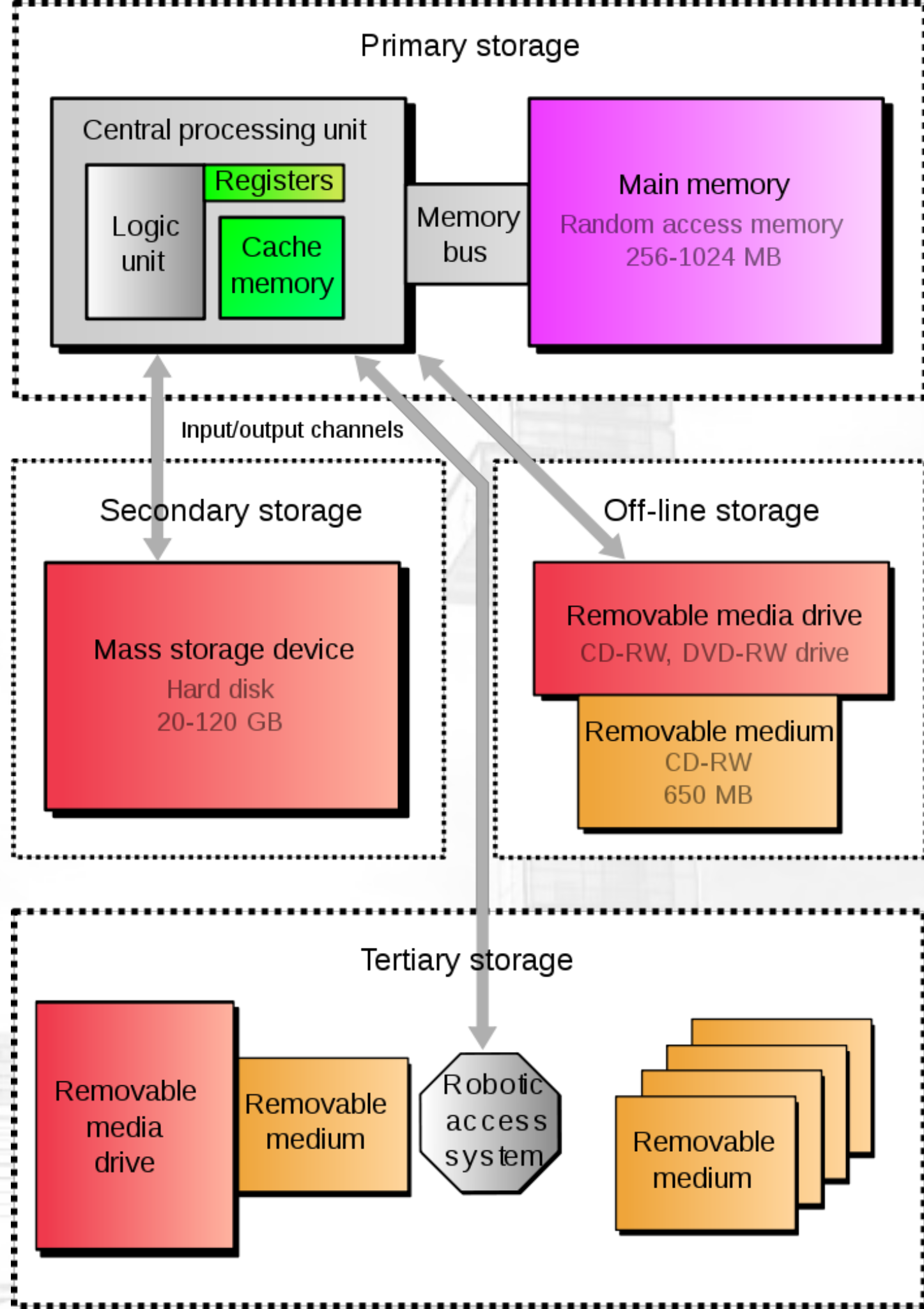
7.1.2 存储器分类

7.1.3 存储器主要性能指标



存储系统层次结构

- 通用寄存器
- Cache
- 主存（一级）
- 外存储（二级）
- 脱机/离线/网络存储(三级)





关于存储的所有描述...

- 物理类型
- 容量
- 性能
- 可靠性
- 功耗
- 价格



存储类型

- 半导体
 - 寄存器、Cache、内存、闪存、**SSD**、**EEPROM**
- 磁性
 - 硬盘、软盘、磁带
- 光学
 - **CD-ROM, DVD-ROM, BD-ROM**
 - **CD+R/RAM/RW、DVD-R/RAM/RW**



存储类型

- 已有系统的深度整合优化
 - RAID（冗余磁盘阵列）
 - SSD！！
 - Cache + Harddisk
 - Cache + SSD
 - Cache + SSD + Harddisk ← Apple Fusion Drive
- 还有什么存储类型？



存储类型

- 纸/屏幕!!!
 - “纸带”、条码、二维码、答题卡!
 - 打印机 + 视觉 = 纸存储的I/O



容量

容量 = 存储单元数 × 每个存储单元的位数

1B=8b

b=bit

B=Byte

1KB = 2¹⁰ Byte

KB=KiloByte

1MB = 2²⁰ Byte

MB=MegaByte

1GB = 2³⁰ Byte

GB=GigaByte

1TB = 2⁴⁰ Byte

TB=TeraByte

1PB = 2⁵⁰ Byte

PB=PetaByte

1EB = 2⁶⁰ Byte

EB=ExaByte

1ZB = 2⁷⁰ Byte

ZB=ZettaByte

1YB = 2⁸⁰ Byte

YB=YottaByte



容量

类型

容量 (高性能专业工作站)

CPU 寄存器

< 10KB

CPU Cache
(L1, L2, L3)

< 30MB

内存

< 1T

外存(SSD +
Harddisk)

< 1P



性能

我们需要**快速**的存储，

但，

如何定义**快速**？



性能

“快”，是一个复合的指标

- 存取时间

- 对存储器中某一个单元的数据进行 一次读/写的时间
- 不同类型存储的存取时间？

- 存取周期

- 存取周期 = 存取时间+“预热时间”+“结束时间”；
- 不同类型存储的存取周期？



性能

- **存取带宽**
 - 单位时间里存储器可以读出的字节数
 - 最大理论存取速度 v.s 最小理论存取速度
 - 不同类型存储的存取带宽?
- **随机访问速度**
 - 对“任意目标数据块”的存取时间
 - 不同类型存储的随机访问速度?



性能

- 读/写速率比
 - 存储器的读/写速度一般都不相同,
 - 不同类型存储的读写速率比?
- 存取粒度
 - 存储器读/写操作的最小单元尺寸
 - 不同类型存储的存取粒度?



性能

一架A380货机...

大约可以装**1.8亿个microSD卡**...

如果microSD容量是1TB,

则**这架飞机的容量是180EB**....

如果, 从NY飞到LA用大约5个小时...

则**这架飞机的存取速度**可达**10PB/s** !!





性能

- 但人肉运输数据是真的!!!
- Amazon Snowball :
80TB/**23kg**
- Amazon SnowMobile:
100PB/TRUCK!





可靠性

- **MTBF (Mean Time between Failure):**
 - 可维修部件
- **MTTF (Mean Time to Failure):**
 - 不可维修部件
- **Days in Use for SSD:**
 - SSD的使用时间最相关
- **Terabytes Written for SSD (TBW):**
 - SSD生命周期内最大可写入数据量, $QLC < MLC \sim SLC$



功耗

- 低功耗，可以减少对电源的要求，并提高可靠性。
- 但实际上，与直觉相反...
- **Cache > Memory > SSD > harddrive**



价格





总之...

**大容量、高速度、高可靠、低功耗、低成本
是关于存储器的所有追求！**



7.2主存储器





主存储器

- 随机读写存储器(RAM)
 - 静态/动态RAM
- 只读存储器(ROM)



随机读写存储器RAM

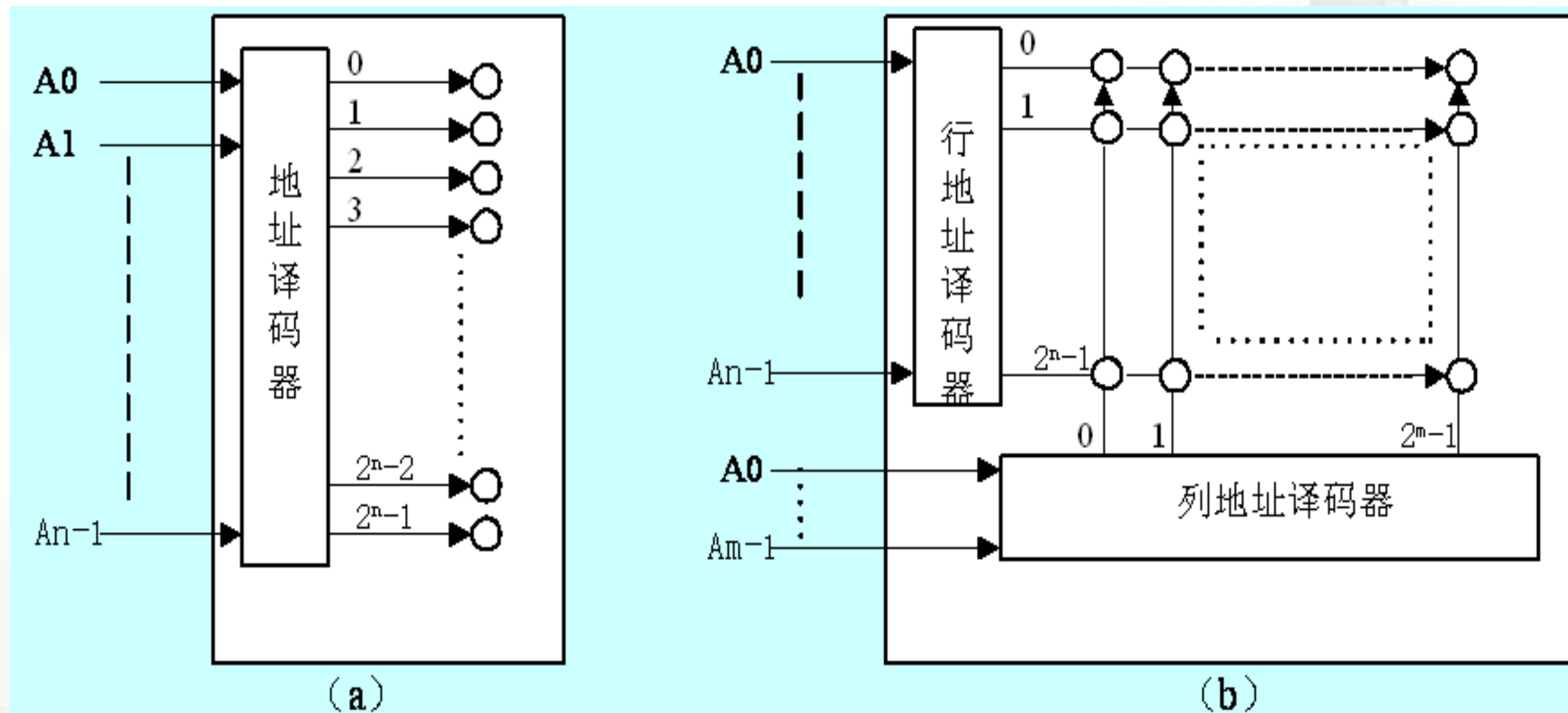
---- *RANDOM ACCESS MEMORY*

- **SRAM** 静态随机读写存储器
- **DRAM** 动态随机读写存储器

- 常规**RAM**芯片，其外部有地址引线、数据引线和控制信号引线。
- 地址引线在芯片内部译码，选中芯片内部的相应存储单元。
- 某静态**RAM**芯片上有 n 条地址线时，地址线上所能表示的地址编码就有 2^n 种。这就意味着该芯片内部有 2^n 个存储单元。



随机读写存储器RAM

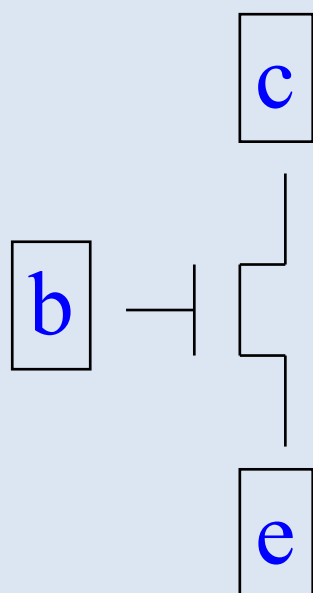


RAM芯片内部的两种译码方式



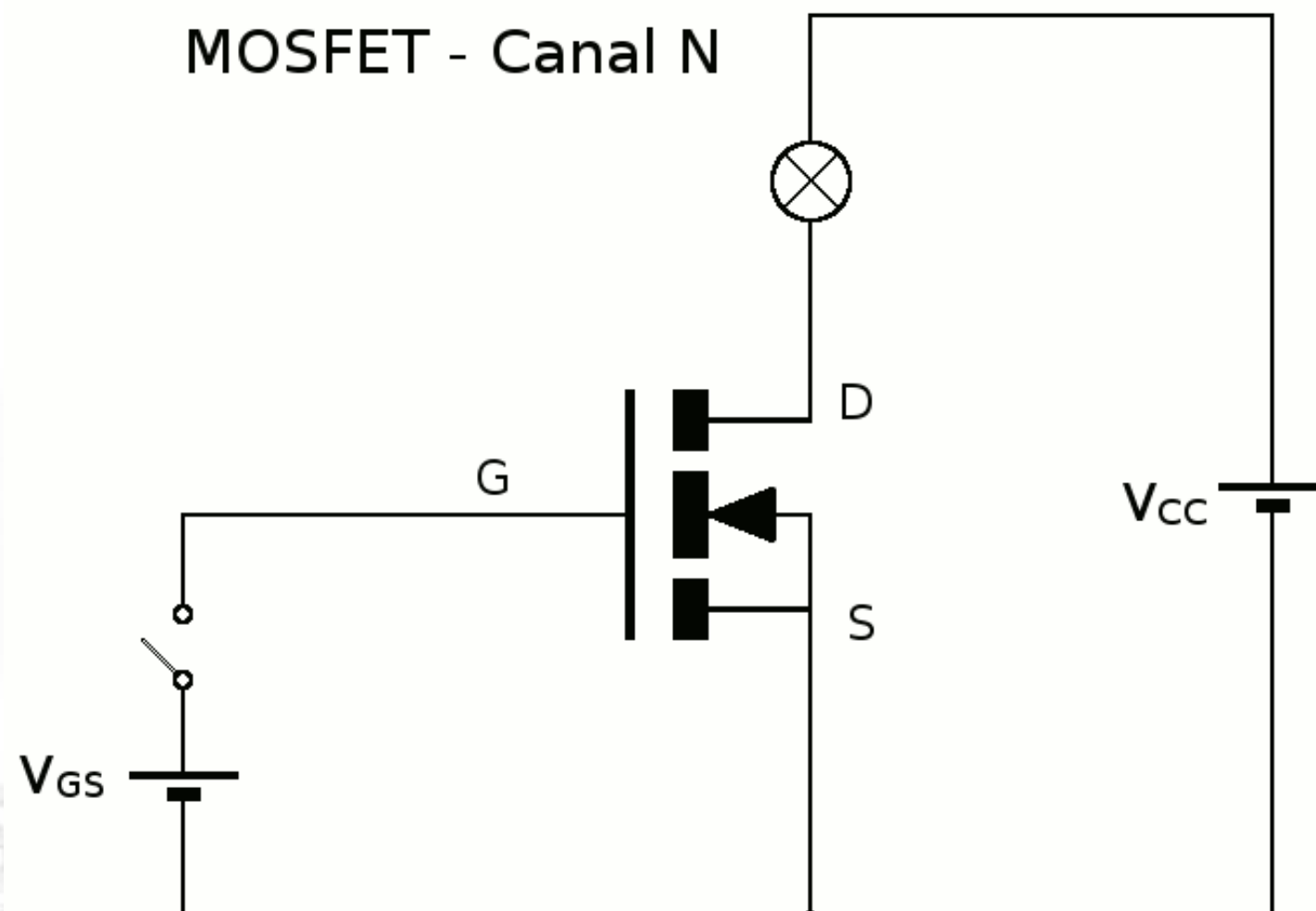
随机读写存储器RAM

- **SRAM**, 目前主流的实现方式, 是基于MOSFET



开关状态时:

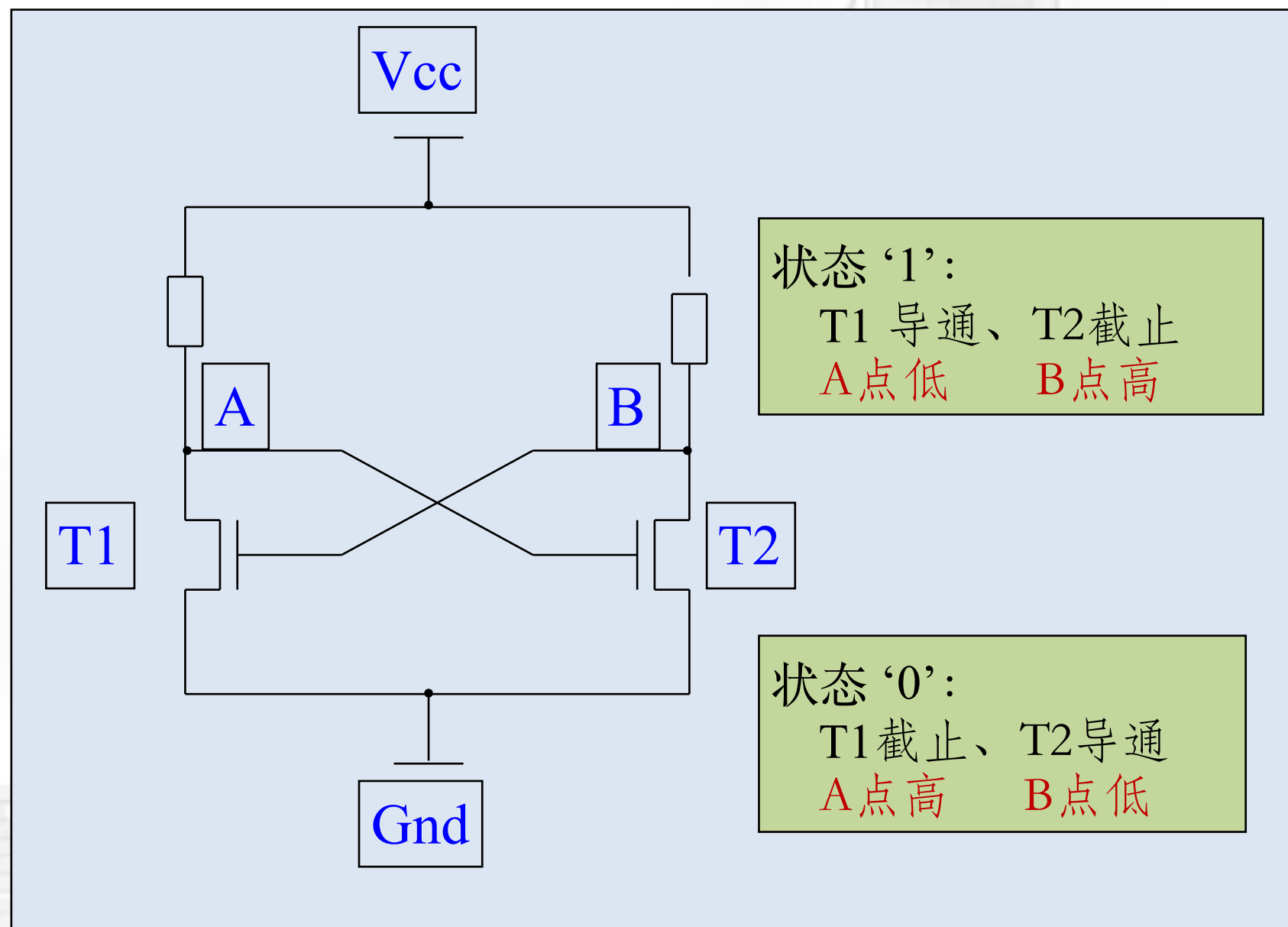
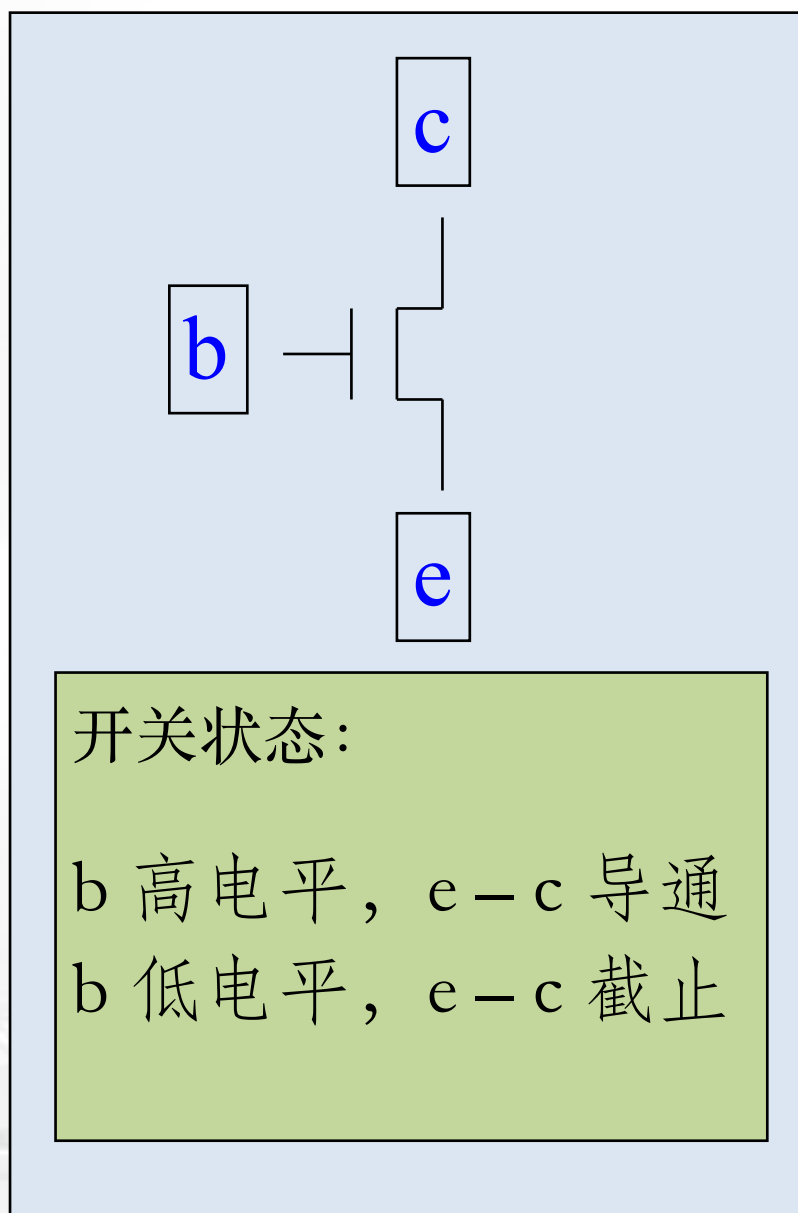
b 高电平, e-c 导通
b 低电平, e-c 截止





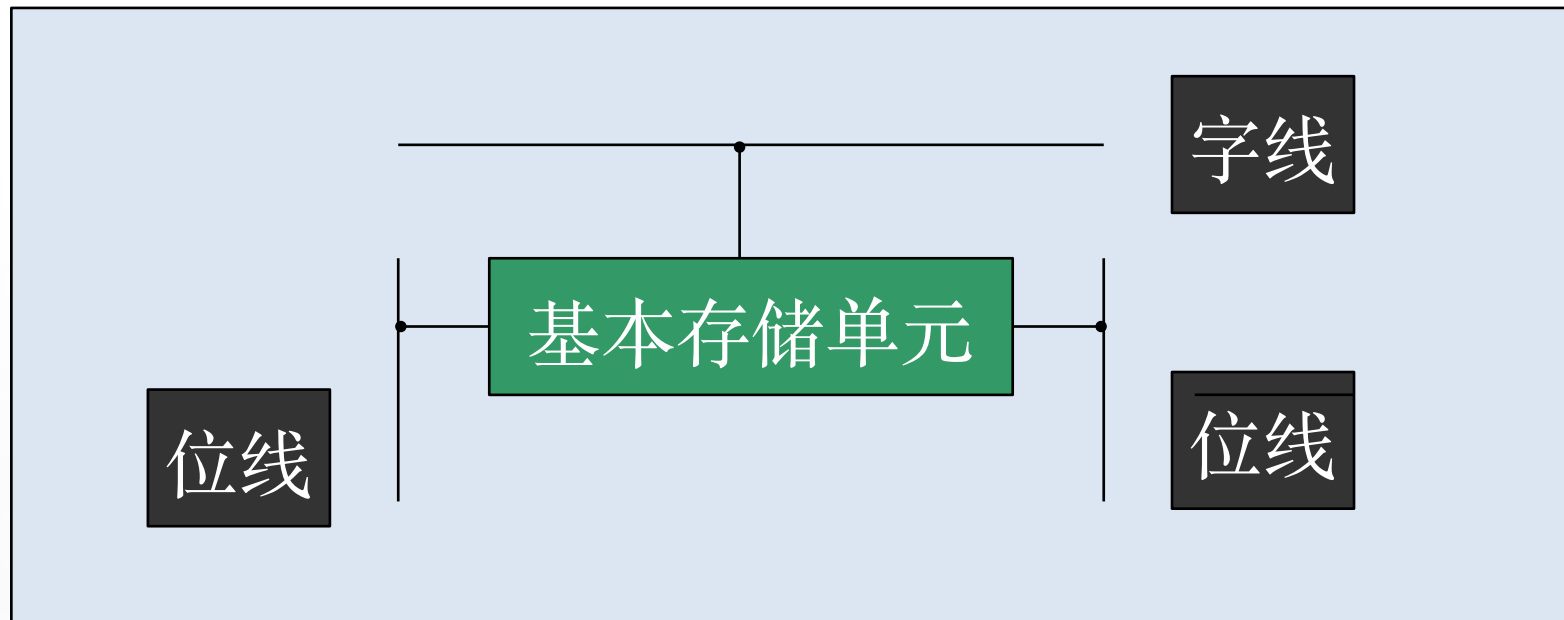
随机读写存储器RAM

• SRAM原理图——基本存储单元





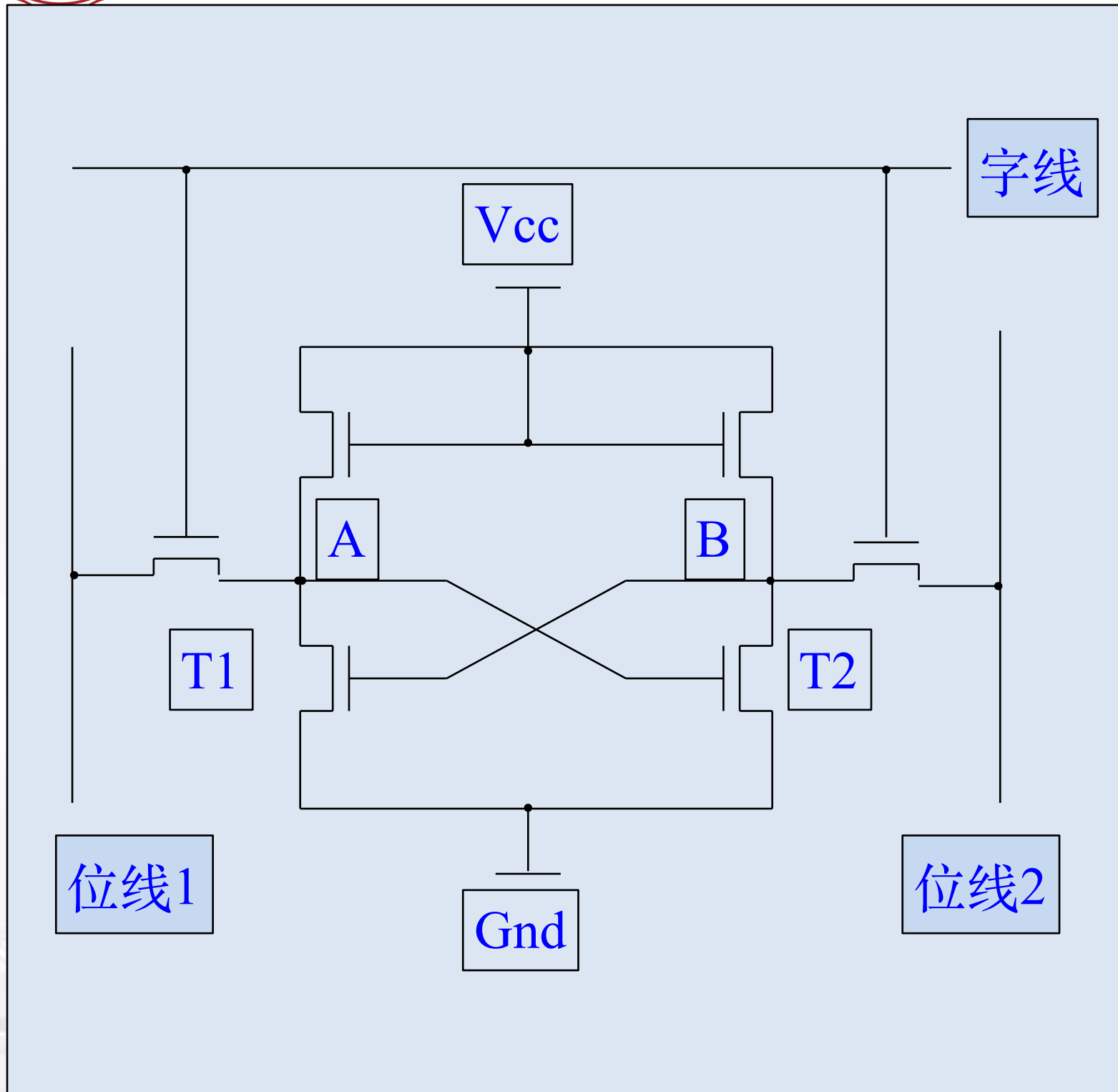
随机读写存储器RAM



基本存储单元简图



随机读写存储器RAM



写入‘1’： 字线 高
位线1 低、位线2 高
A点低 B点高
T1 导通、T2截止

写入‘0’： 字线 高
位线1 高、位线2 低
A点高 B点低
T1截止、T2 导通

保持： 字线 低
T1、T2 状态维持

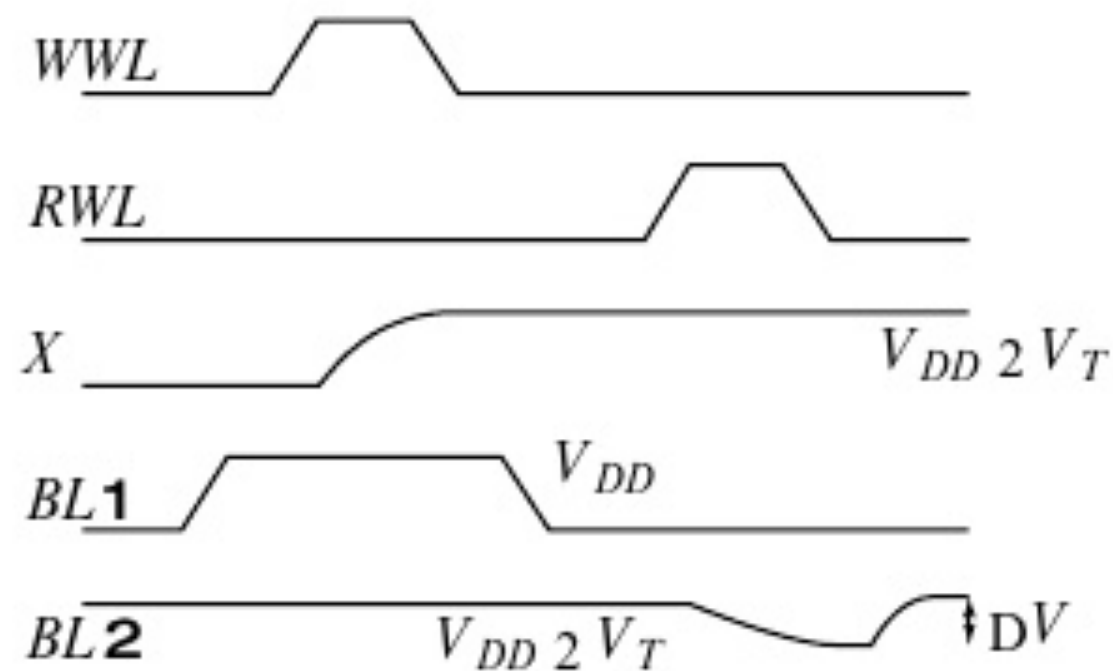
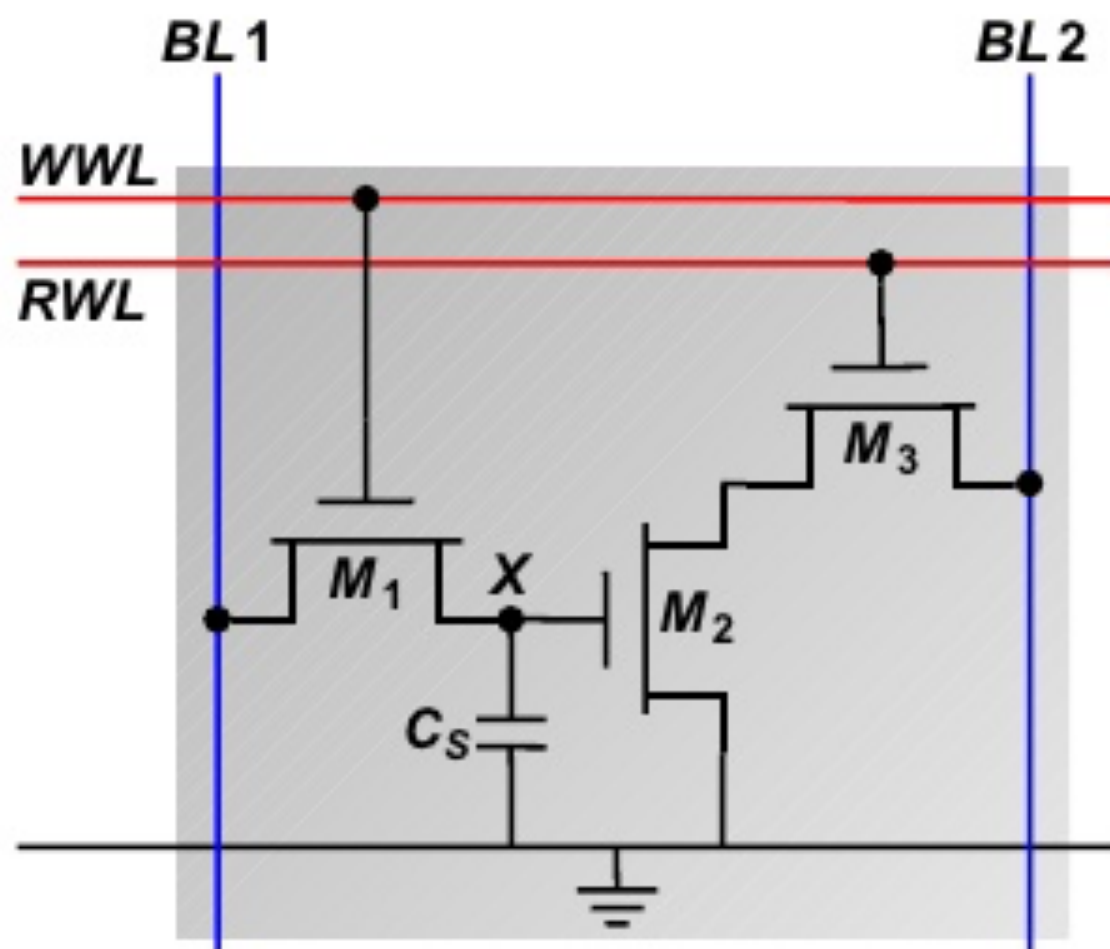
读出： 字线 高
位线1低、位线2高 -- ‘1’
位线1高、位线2低 -- ‘0’

6管SRAM基本存储单元



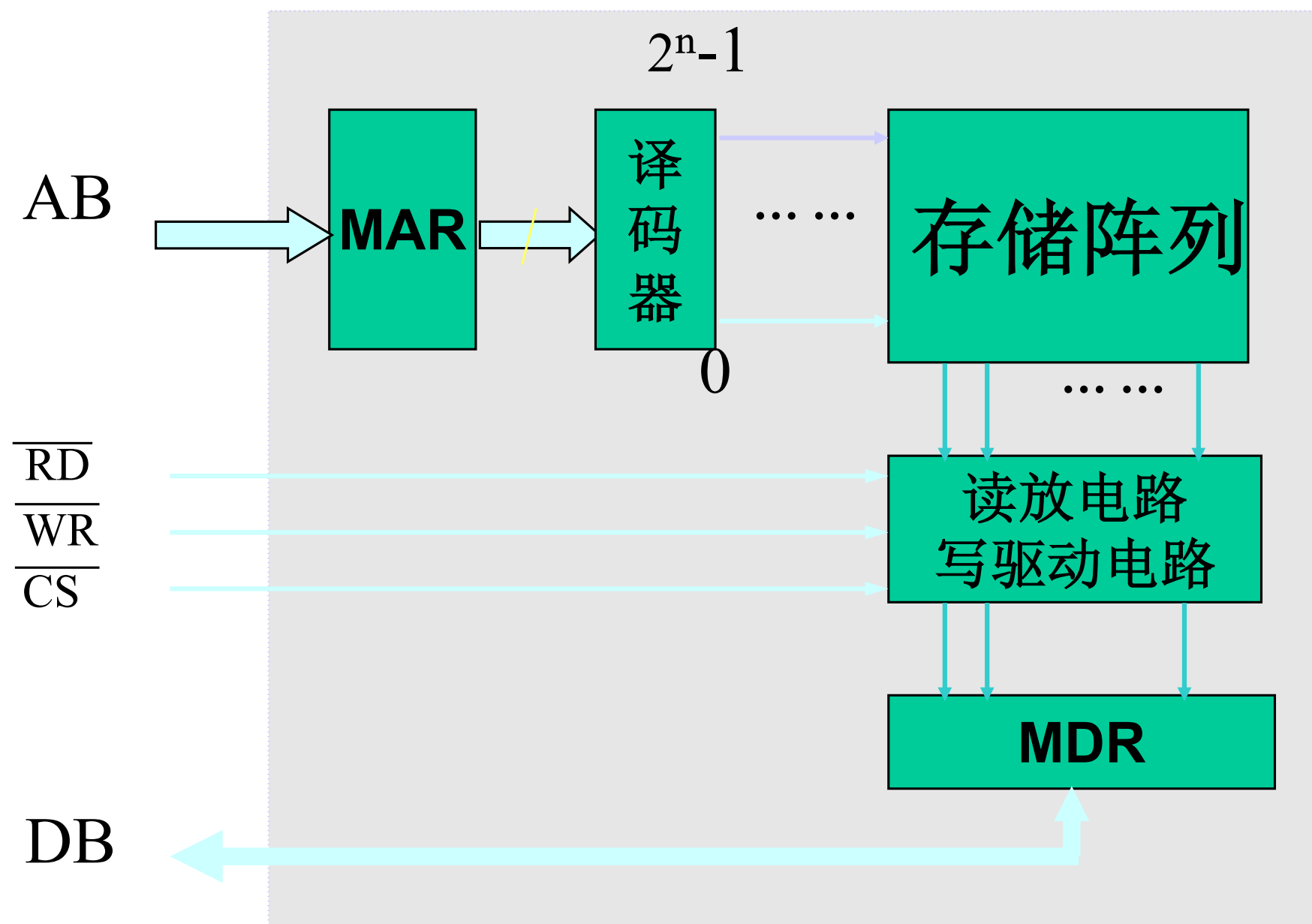
随机读写存储器RAM

- DRAM的基本存储单元



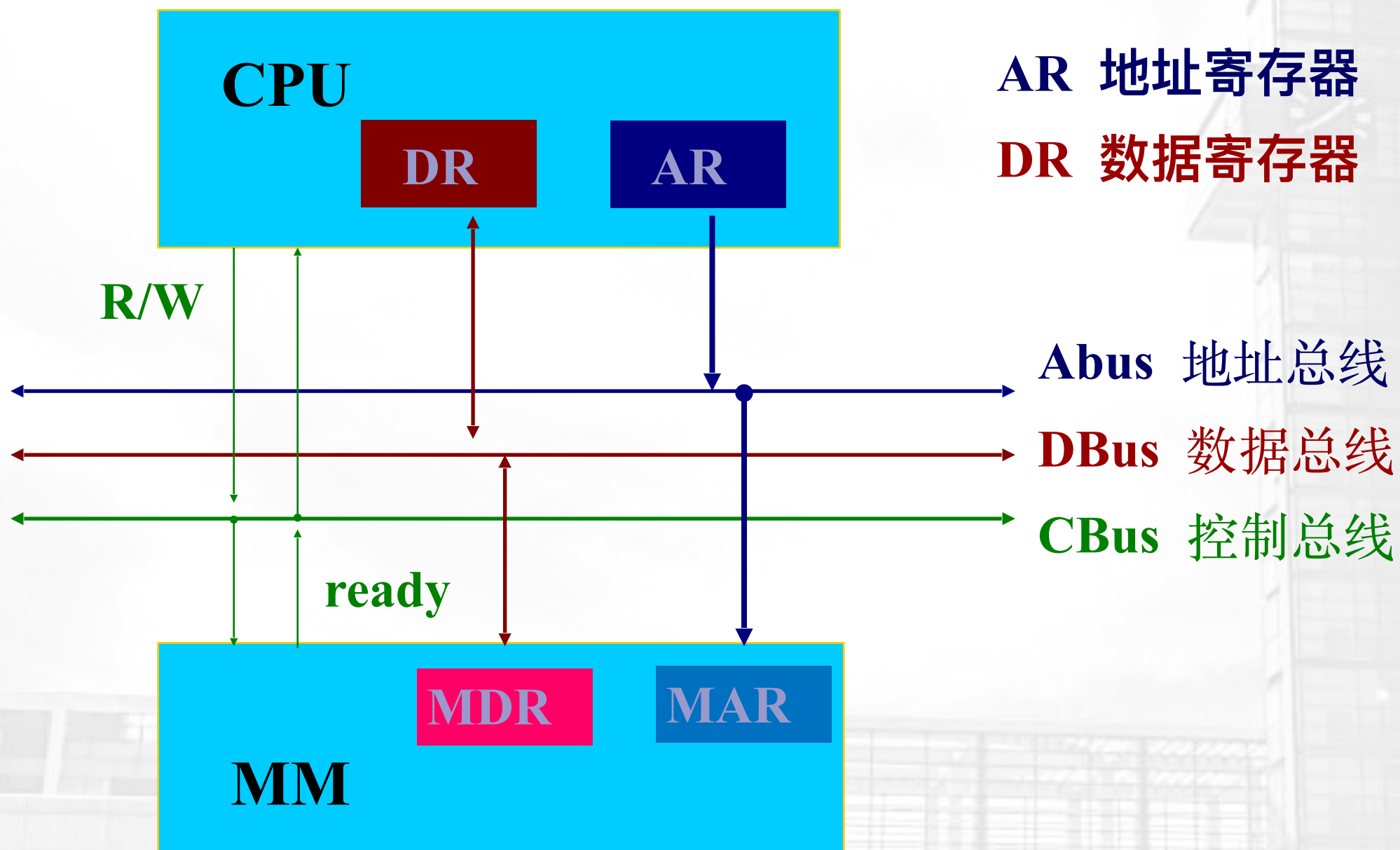


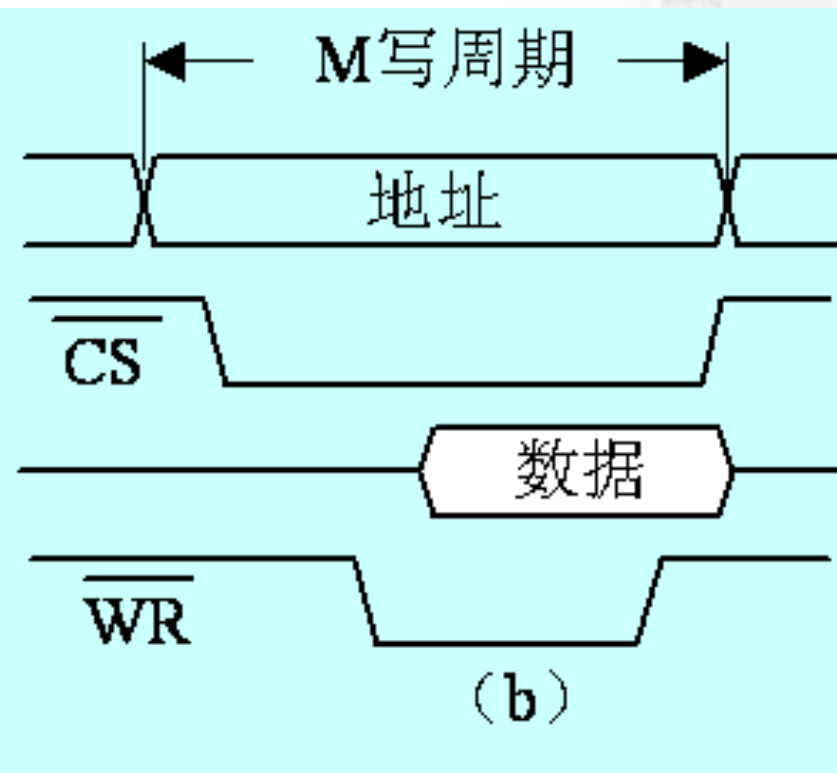
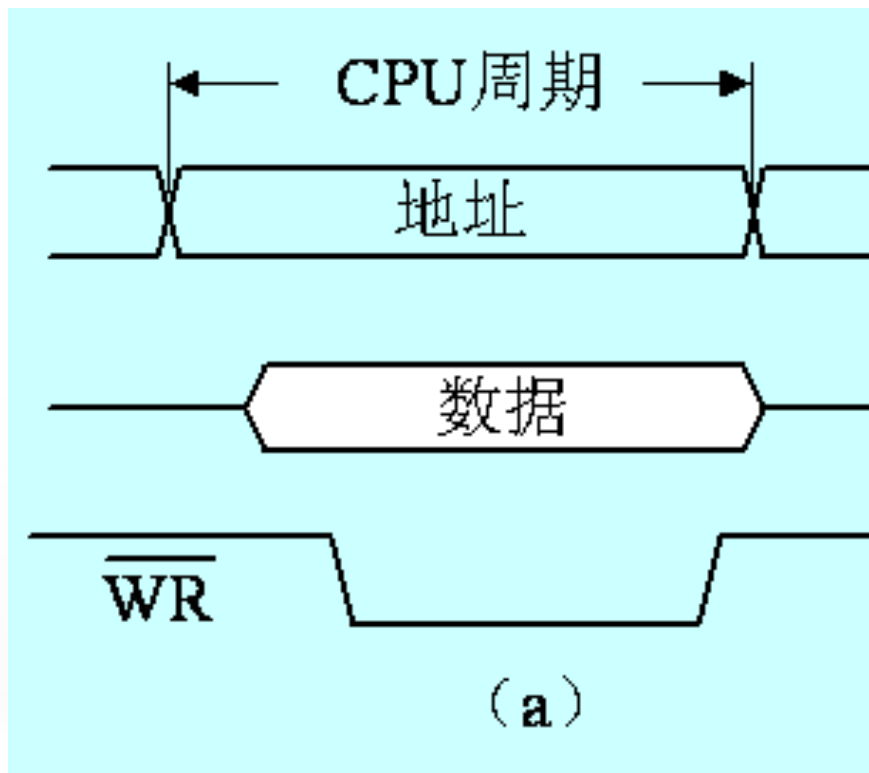
存储器基本组成





CPU与主存通信





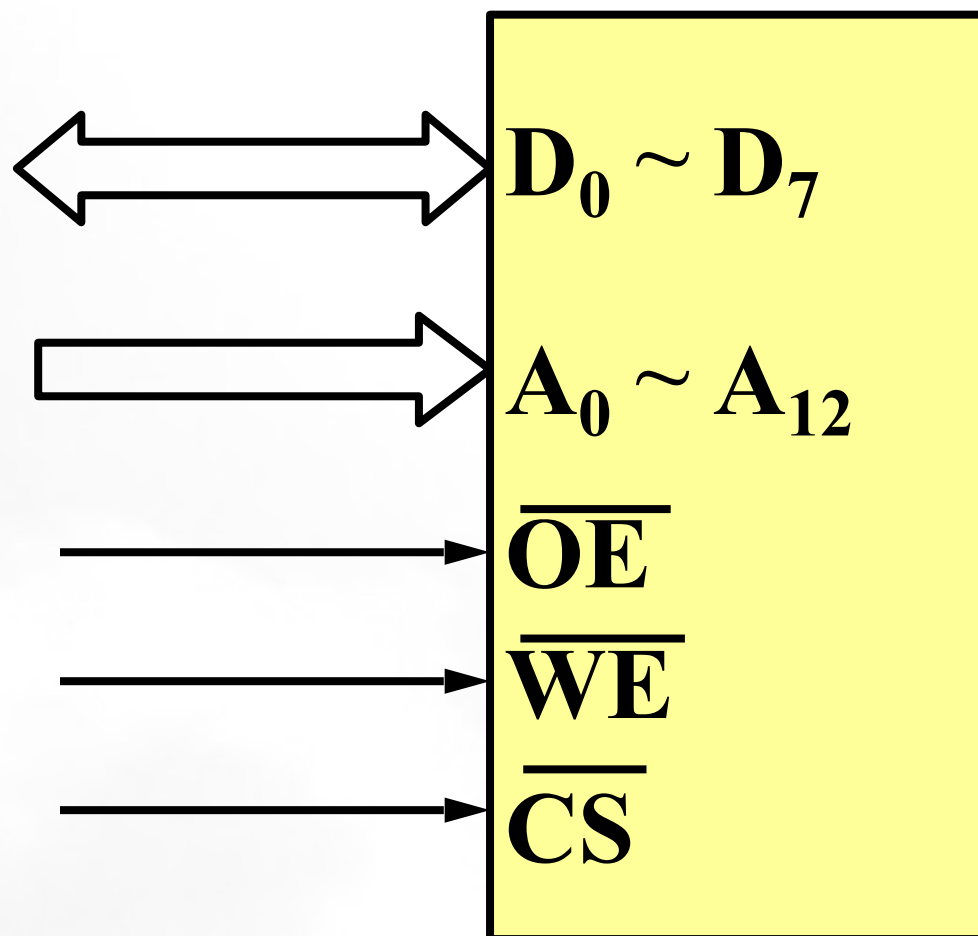
CPU写内存时序

内存写时序

- 在选芯片时应留有30%的余量。
- 快速的CPU使用慢速的存储器时，需要采取措施。



6264 SRAM芯片



$A_0 \sim A_{12}$ 为13条地址信号线

$D_0 \sim D_7$ 为8条双向数据线

\overline{CS} 片选信号的引线，当片选信号同时有效时，即 $\overline{CS}=0$ ，时，才能选中该芯片。

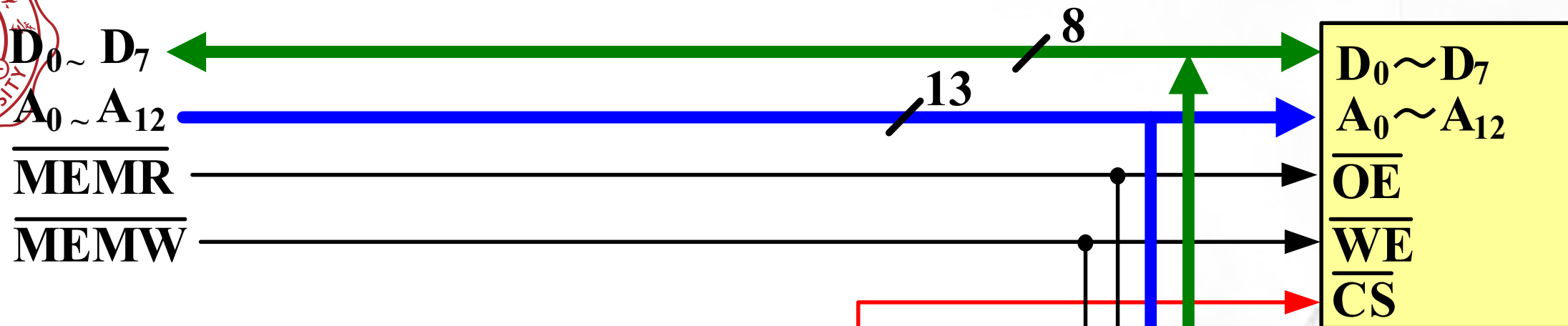
\overline{OE} 为输出允许信号。只有当 $\overline{OE}=0$ ，即其有效时，才允许该芯片将某单元的数据送到芯片外部的 $D_0 \sim D_7$ 上。

\overline{WE} 是写允许信号。

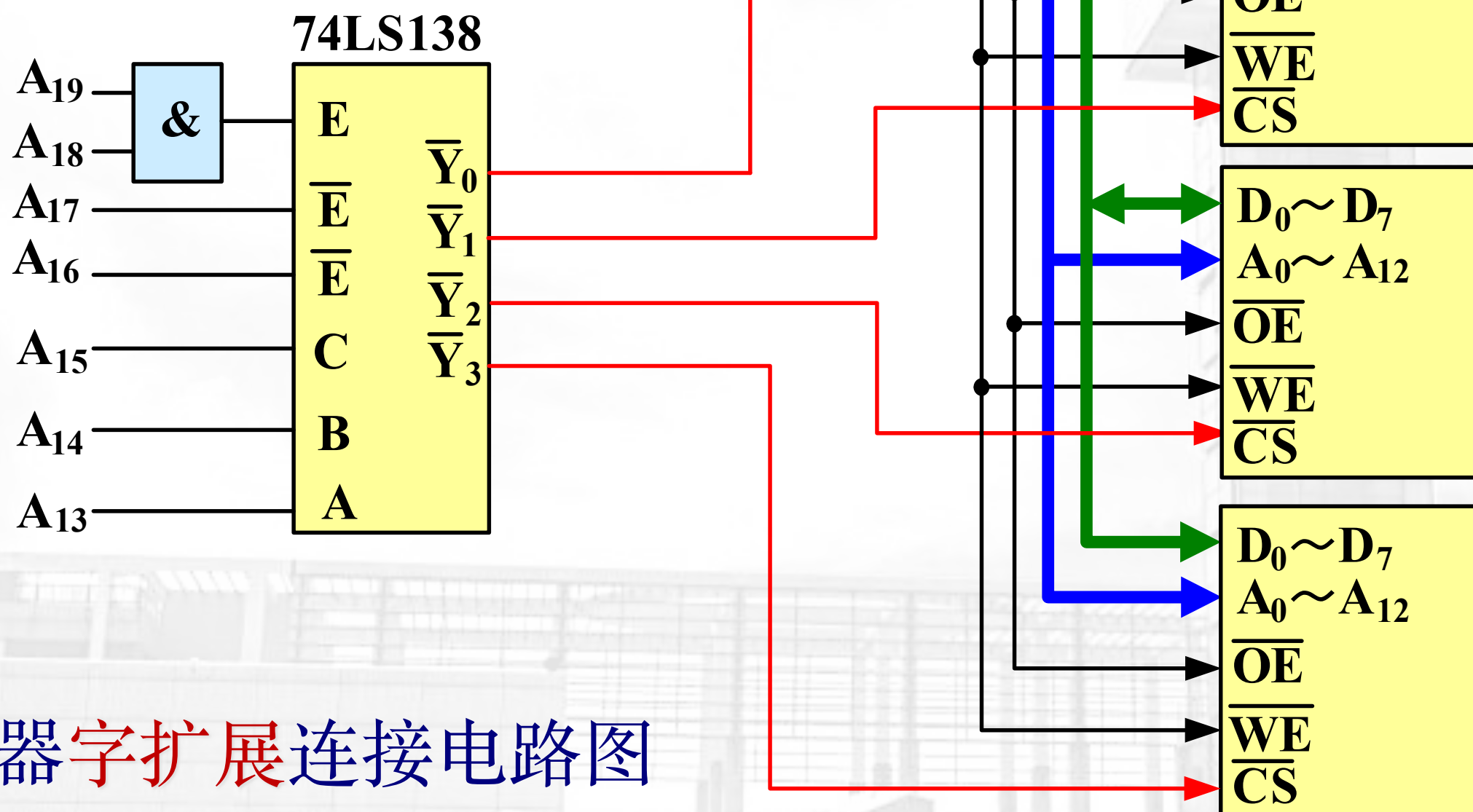
当 $\overline{WE}=0$ 时，允许将数据写入芯片；
当 $\overline{WE}=1$ 时，允许芯片的数据读出。



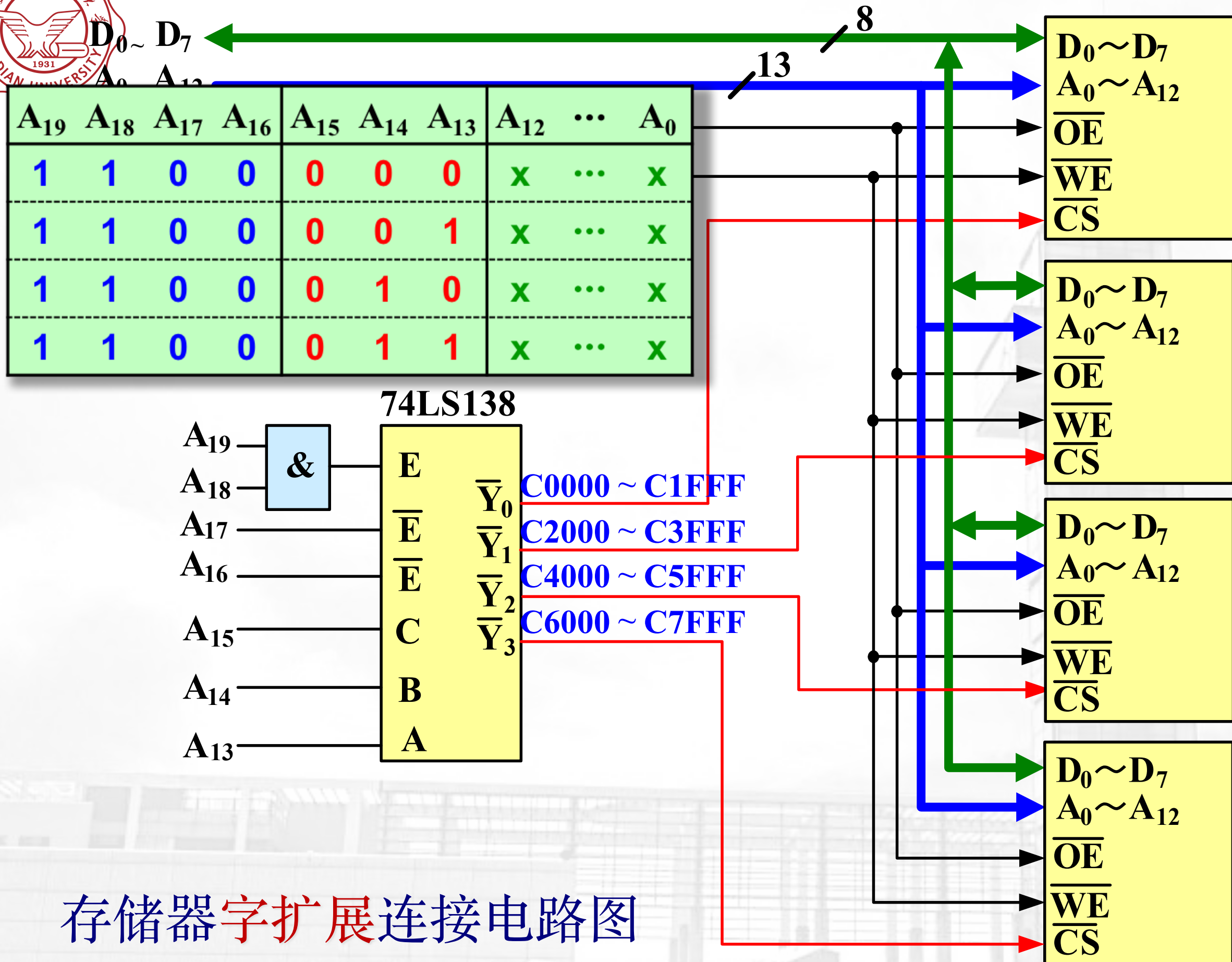
- 拼接多个芯片，构造连续大存储
- 怎么拼？
 - 并排拼（字扩展）
 - 间隔拼（位扩展）



- 利用 $8K \times 8bit$ 的 SRAM, 构成 $32KB$ 内存。



存储器字扩展连接电路图



存储器字扩展连接电路图



- 利用 8K×8bit 的 SRAM，
构成 8K×16bit 内存。

内存位扩展连接

