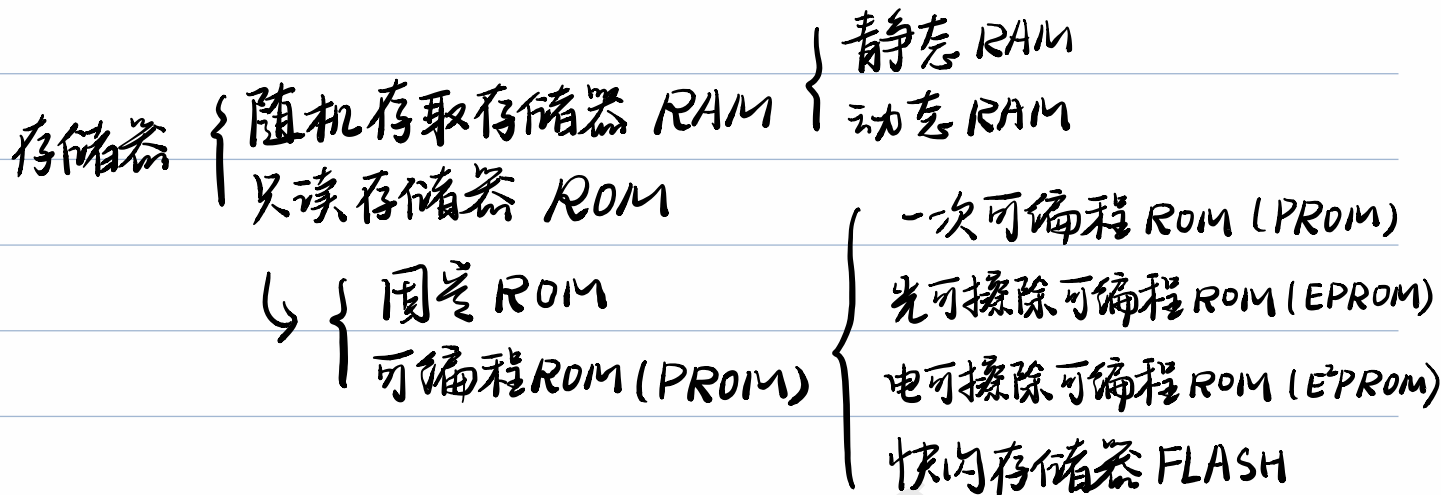


# §7 半导体存储器

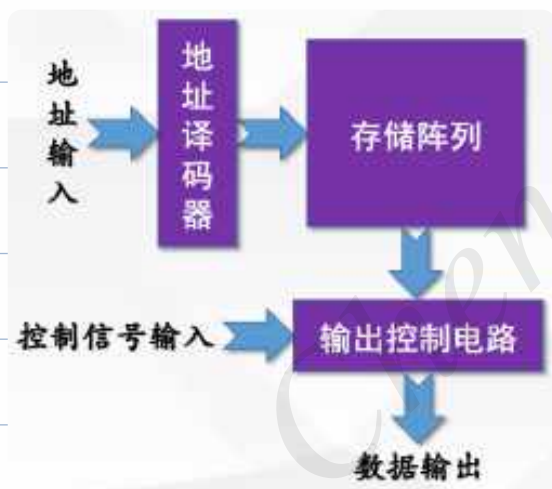
## 1 半导体存储器概述和分类

半导体存储器用来存储大量的二值数据



## 2 ROM的结构和工作原理

### (1) 基本结构



存储阵列  
地址译码器  
输出控制电路

**字**：计算机中作为一个整体被存取传递的一组数据

**字数**：字的总量 =  $2^n$  ← 地址线总数 / 地址码位数

**字长**：字中所含的位数

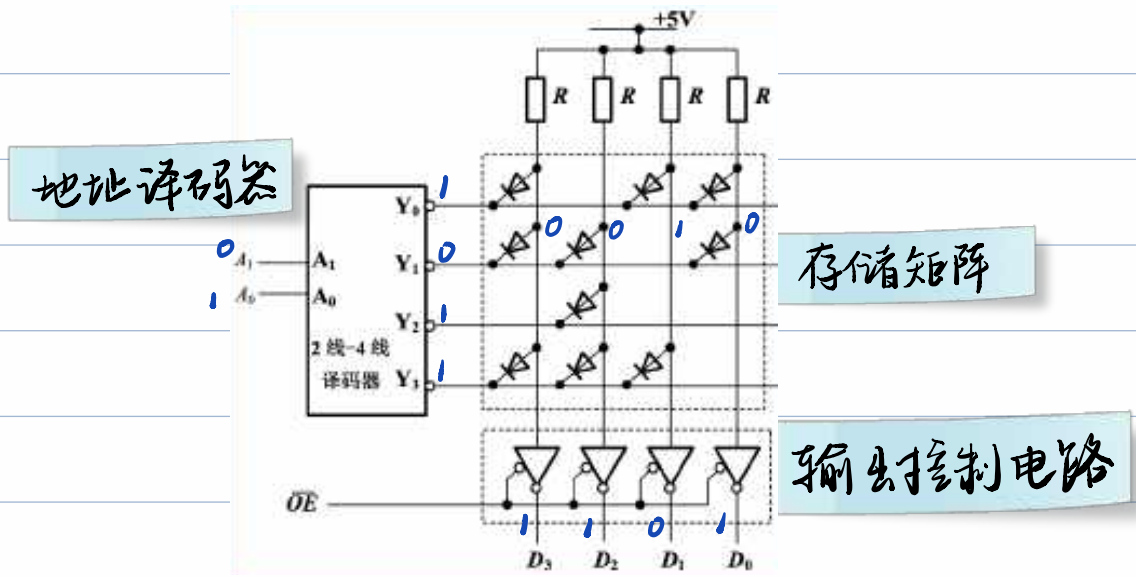
**地址单元**：构成同一个字的存储单元

**地址**：每个字的编号

**存储容量**：字数 × 位数 ( $2^n \times m$ )

### (2) 控制原理

通过字线与位线交叉处是否连接有二极管来存储二值信息



{ 交点处有二极管  $\xrightarrow{\text{存}} 1$   
   无  $\xrightarrow{\text{存}} 0$

{  $\overline{OE} = 0$  高阻  
    $\overline{OE} = 1$  数据输出

使能	地址						内容			
$\overline{OE}$	$A_1$	$A_0$	$\overline{Y_0}$	$\overline{Y_1}$	$\overline{Y_2}$	$\overline{Y_3}$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	x	x					高阻			

(3) 二维译码与存储阵列  
 行列交叉处连接MOS管

#### 4 RAM的结构和工作原理

{ 与ROM的最大区别: 易失性  
   优点: 可以快速随机存储数据

RAM { 静态RAM (SRAM) 存储单元类似锁存器  
       动态RAM (DRAM) 用电容器存储电荷保存0/1

#### (1) SRAM

## SRAM的基本结构及输入输出

地址线  $n$   $A_0 \sim A_{n-1}$

双向数据线  $m$   $I/O_0 \sim I/O_{m-1}$

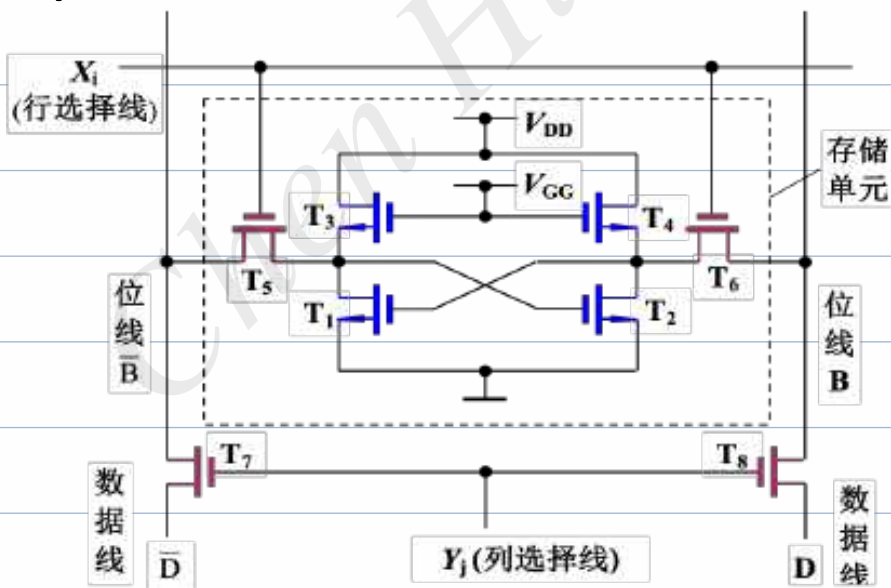
容量  $2^n \times m$

工作模式	$\overline{CE}$	$\overline{WE}$	$\overline{OE}$	$I/O_0 \sim I/O_{m-1}$
保持	1	X	X	高阻
读	0	1	0	数据输出
写	0	0	X	数据输入
输出无效	0	1	1	高阻

## SRAM的存储单元

只有在行、列选择线均为高电平时,才能访问存储单元

6T1R1锁存器



## (2) DRAM

1 → 电容充电

0 → 电容放电

## 存储容量的扩展

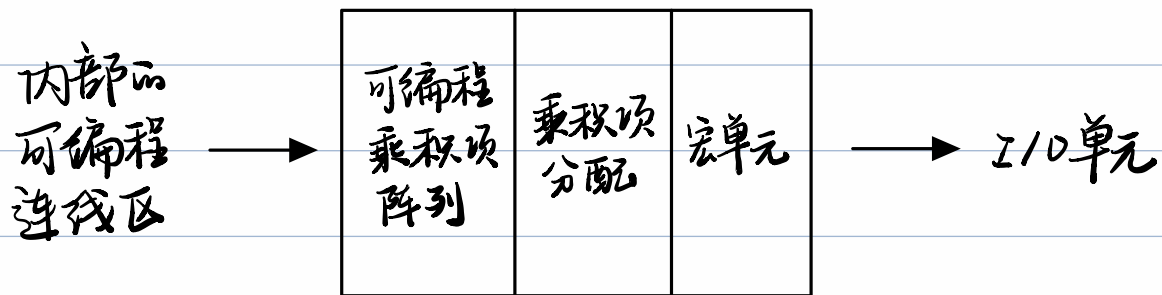
位扩展: 芯片并联

字数扩展: 外加译码器控制存储器芯片的片选使能

输入端来实现

## §8 可编程逻辑器件

### 1 复杂可编程逻辑器件 (CPLD)



#### (1) 逻辑块

基本原理: ① 用与-或阵列和触发器可实现任何组合/时序逻辑函数。

② 编程基于 E<sup>2</sup>PR0M 或 FLASH

#### (2) 可编程内部连线

#### (3) I/O单元

### 2 现场可编程门阵列 (FPGA)

#### (1) 基本原理

用查找表 (LUT) 和触发器实现逻辑函数

编程基于 SRAM

#### (2) 结构简介

逻辑块 CLB

互连开关 PIC

I/O 块

# §9 模数与数模转换器

模数转换器：模拟信号  $\longrightarrow$  数字信号

A/D Analog to Digital Converter

数模转换器：数字信号  $\longrightarrow$  模拟信号

D/A Digital to Analog Converter

## 1 D/A转换器

(1) 输入输出特性

$$A = KD$$

(2) 基本原理

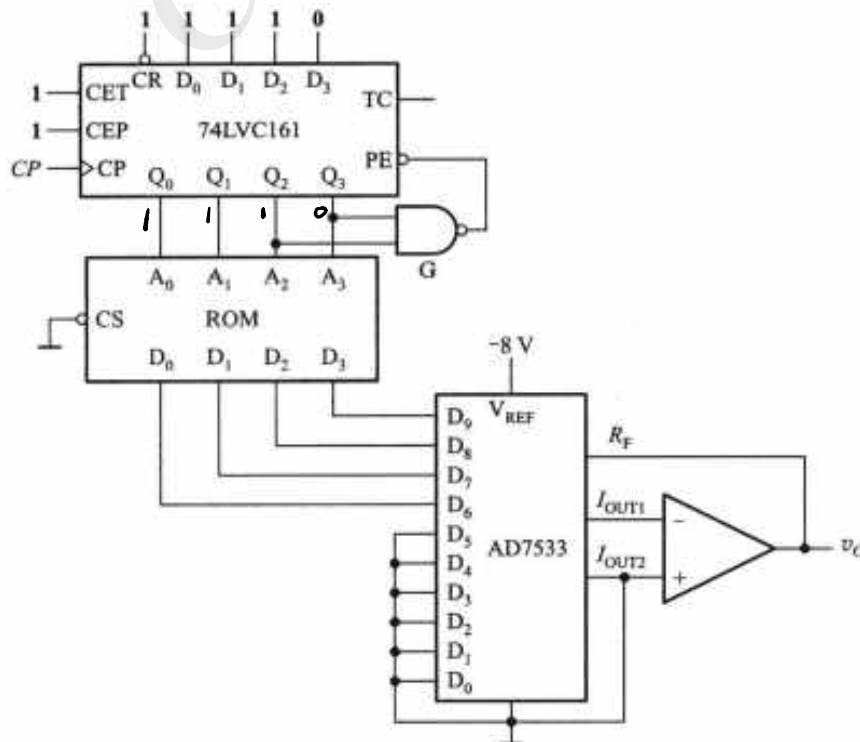
将二进制转换为十进制数

$$(N)_B = D_n \times 2^n + D_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + D_1 \times 2^1 + D_0 \times 2^0$$

将每一位代码按其权的大小转换成相应的模拟量，再将模拟量相加，即可得到与数字量成比例的模拟量，从而实现数字量  $\longrightarrow$  模拟量的转换。

## Example

由D/A转换器、计数器和ROM组成的波形产生电路



## ROM 的数据表

$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0

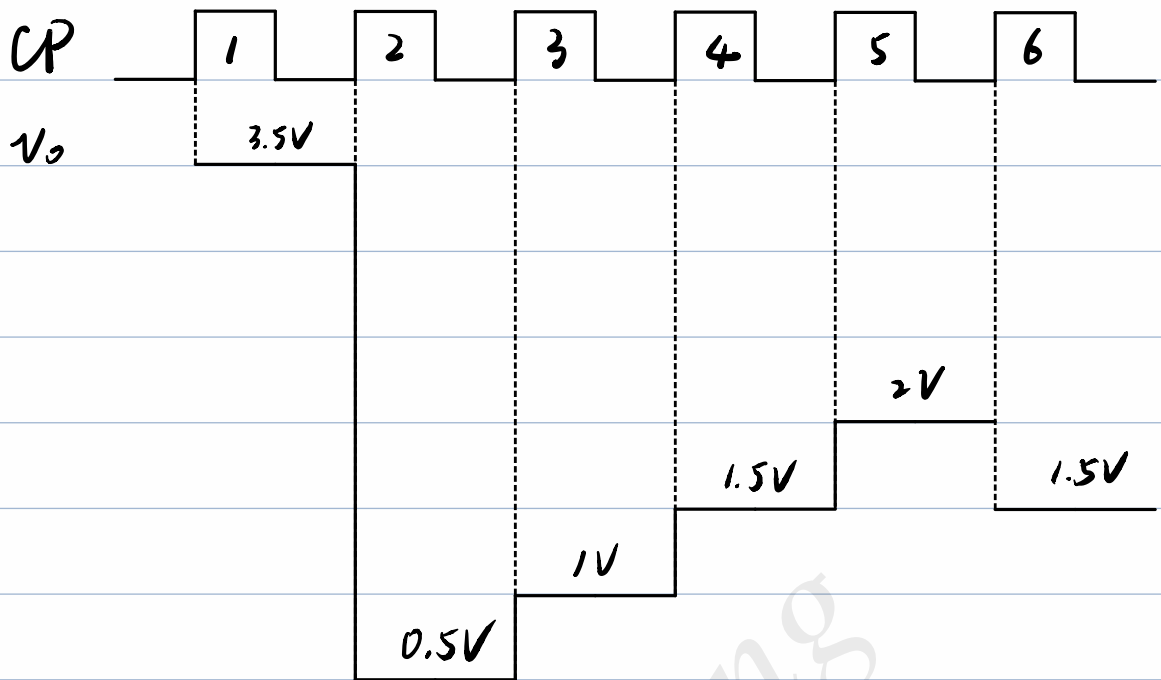
## 计数器状态表

$Q_3(A_3)$	$Q_2(A_2)$	$Q_1(A_1)$	$Q_0(A_0)$
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0

$$V_o = -\frac{V_{REF}}{2^{10}} \frac{R_f}{R} \sum_{i=0}^9 (D_i \cdot 2^i) \quad \text{令 } V_{REF} = -8V, R = R_f$$

$D_9$	$D_8$	$D_7$	$D_6$	$V_o$
0	1	1	1	3.5V
0	0	0	1	0.5V
0	0	1	0	1V
0	0	1	1	1.5V
0	1	0	0	2V
0	0	1	1	1.5V

## 对应 CP 波形画输出 $V_o$ 的波形图



## 2 A/D 转换器

### 逐次比较型 A/D 转换器

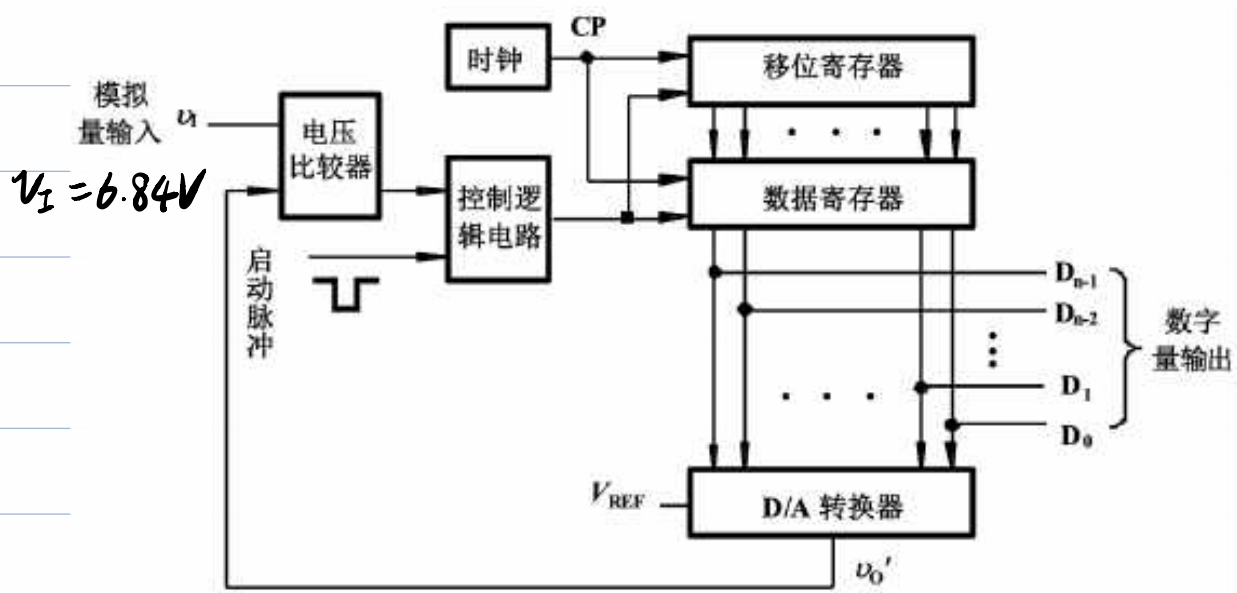
#### 转换原理

① 取一个数字量加到 D/A 转换器上, 输出一个对应的模拟电压  $V_o$ , 与待转换的模拟量  $V_i$  进行比较。若  $V_o = V_i$ , 就得到了与模拟量  $V_i$  相对应的数字量。

② 通常从高位到低位逐位增加数字量, 经过多次比较后, 就能找到与模拟量  $V_i$  相对应的数字量。

#### Example

### 8 位逐次比较型 ADC



## 8位D/A转换器的输出模拟电压

$$v_o = -\frac{V_{REF}}{2^8} \frac{R_f}{R} \sum_{i=0}^7 (D_i \cdot 2^i)$$

当  $R_f = R$  时,  $V_{REF} = -10V$

① 第1个CP

10000000

$$v_o = -\frac{V_{REF}}{2^8} \cdot 2^7 = 5V$$

$v_i \geq 5V$  保留最高位1



② 第2个CP

11000000

$$v_o = -\frac{V_{REF}}{2^8} (2^7 + 2^6) = 7.5V$$

$v_i < 7.5V$  去掉次高位1



③ 第3个CP

10100000

$$v_o = -\frac{V_{REF}}{2^8} (2^7 + 2^5) = 6.25V$$

$v_i > 6.25V$  保留3rd



⋮

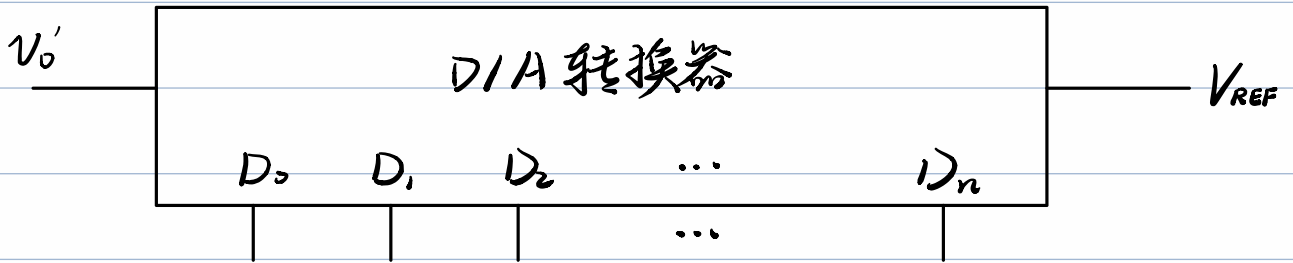
小结

① 逐次比较型A/D转换器完成一次转换所需时间与其位数  $n$  和时钟脉冲频率有关

② A/D转换器输出数字量的位数越多, 转换精度越高



# 逐次比较型 A/D 转换器中的 D/A 转换器



$$V_0 = - \frac{V_{REF}}{2^n} \frac{R_f}{R} \sum_{i=0}^n (D_i \cdot 2^i)$$

当所有数字  $D_n \dots D_2, D_1, D_0 = 1 \dots 111$  时, 得到  
最大输出电压  $V_{0max}$

Chen Huang