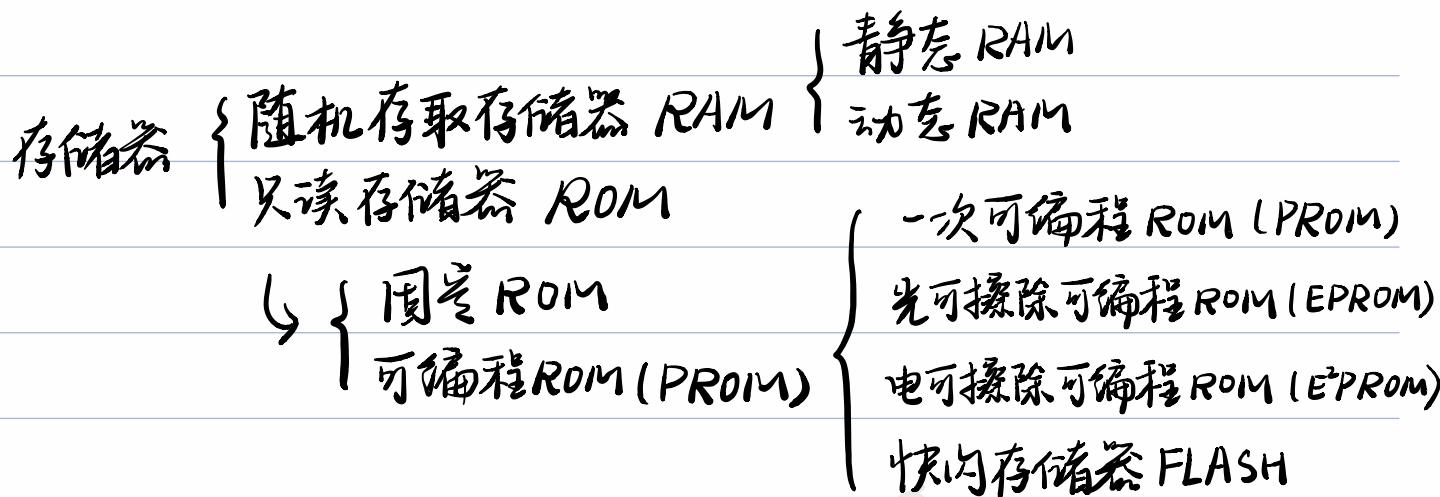


8.7 半导体存储器

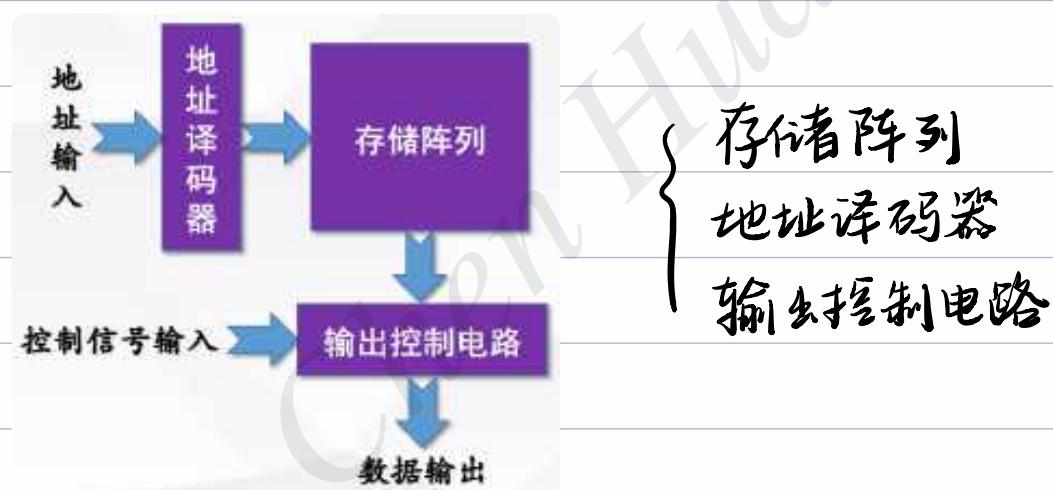
1 半导体存储器概述和分类

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



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 ← 地址线总数量 / 地址码位数

字长：字中所含位数

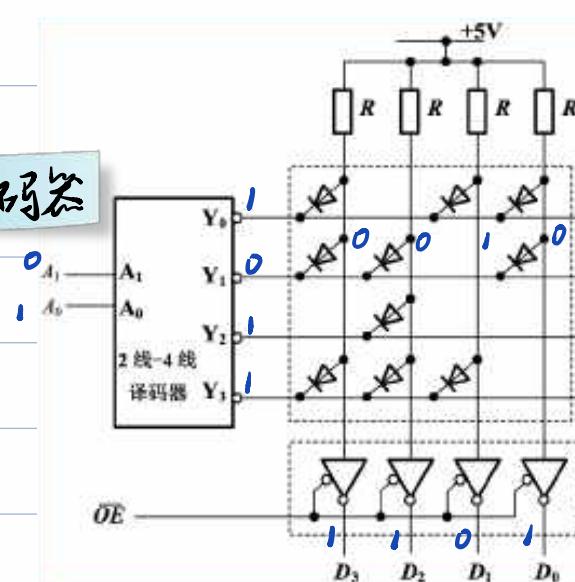
地址单元：构成同一个字的存储单元

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 → 1
 |
 元 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 $I/O_0 \sim I/O_{m-1}$

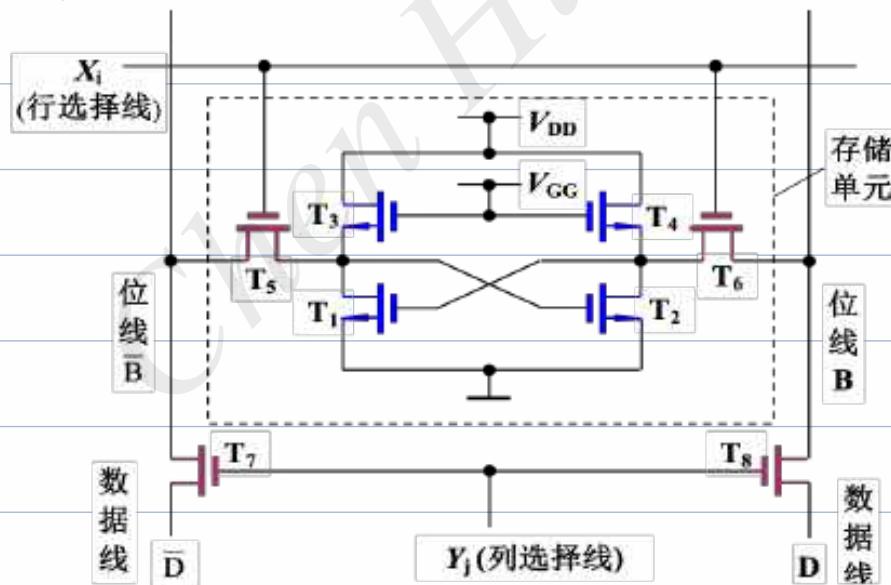
容量 $2^n \times m$

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

SR 锁存器



(2) DRAM

1 → 电容充电

0 → 电容放电

存储容量的扩展

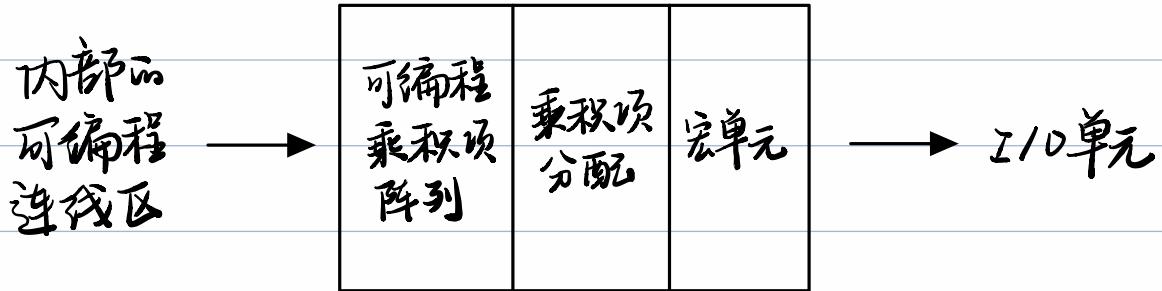
{ 位扩展：芯片并联

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“与一或”阵列和触发器可实现任何组合/时序逻辑函数。

② 编程基于 EEPROM 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 \rightarrow 数字信号

A/D Analog to Digital Converer

数模转换器：数字信号 \rightarrow 模拟信号

D/A Digital to Analog Converer

① D/A转换器

(1) 输入输出特性

$$A = KD$$

(2) 基本原理

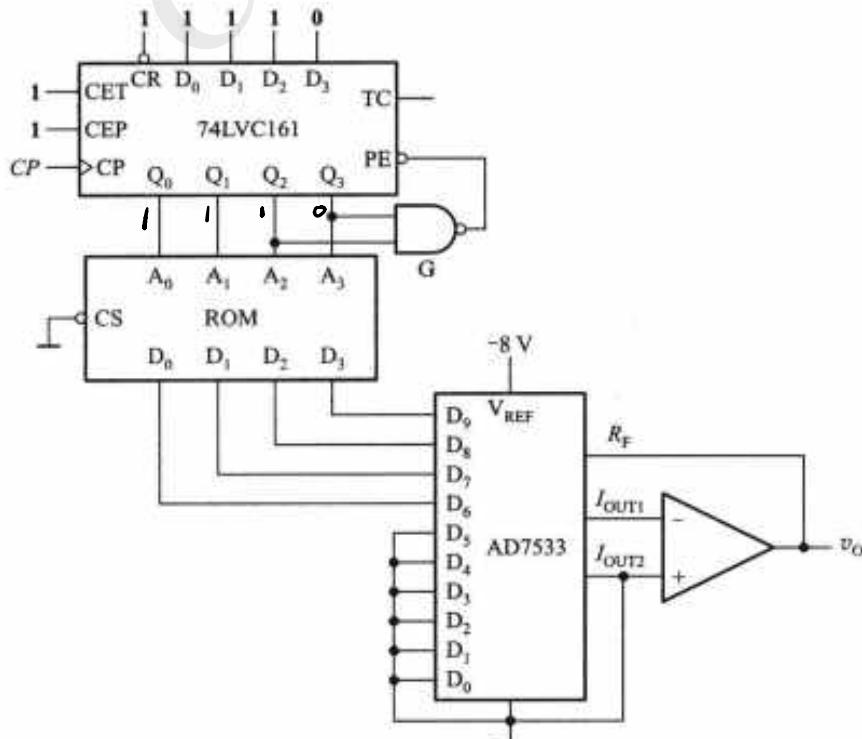
将二进制转换为十进制数

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

将每一位代码按其权位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正比的模拟量，从而实现数字量 \rightarrow 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 in 数据表

A_3	A_2	A_1	A_0	D_0	D_1	D_2	D_3
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

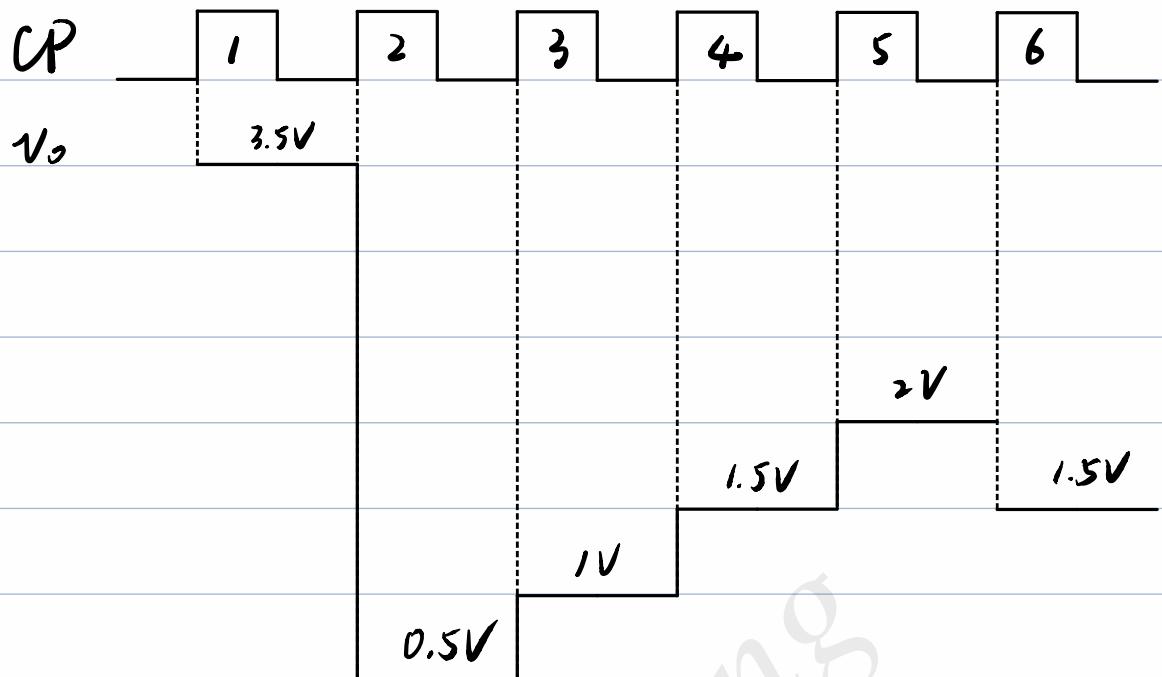
计数器状态表

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

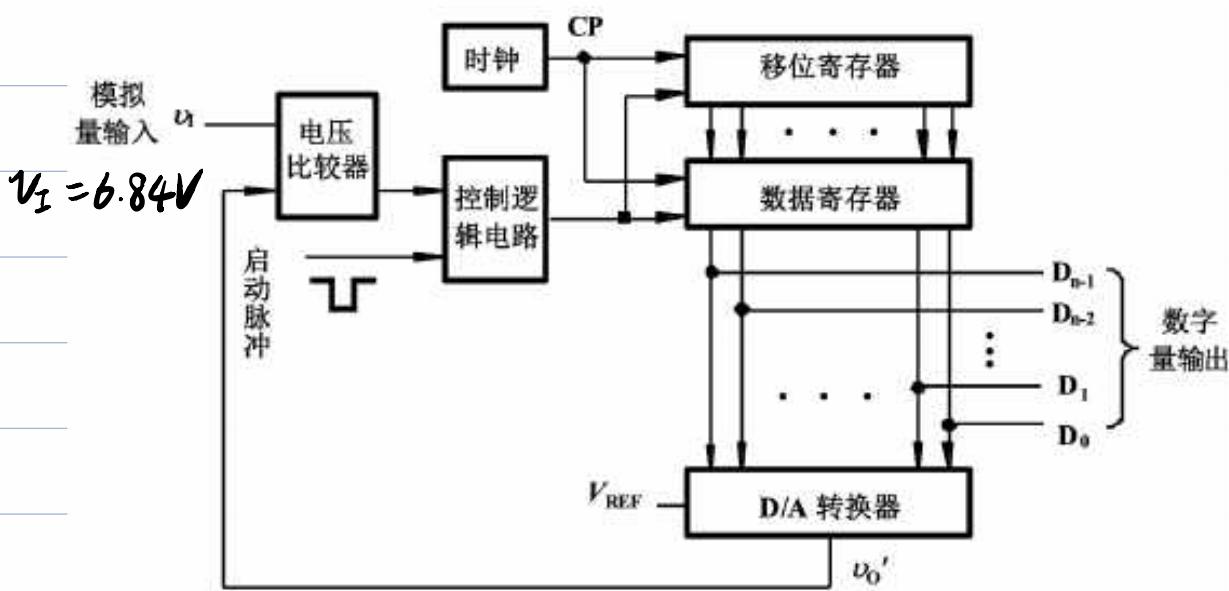
转换原理

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

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

$V_I \geq 5V$ 保留最高位1

10000000



② 第2个CP

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

$V_I < 7.5V$ 去掉次高位1

11000000



③ 第3个CP

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

$V_I > 6.25V$ 保留3rd

10100000

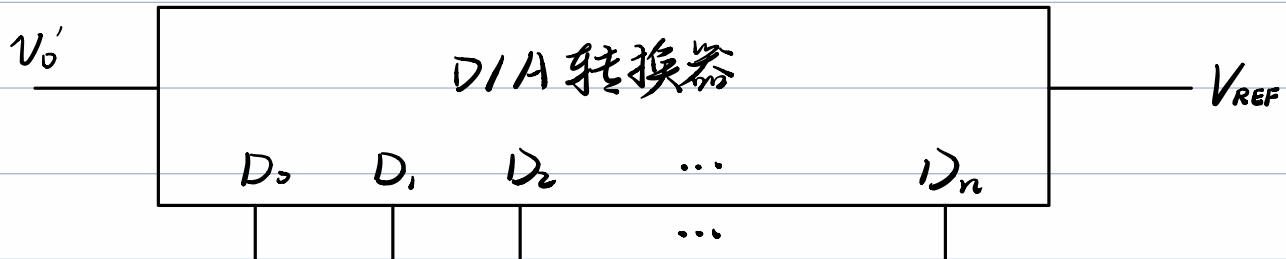


小结

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



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

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