

第3章 数字信号的存储

3.3 半导体存储器

3.3.1 随机存取存储器(RAM)

3.3.2 只读存储器(ROM)

➤ 常用大规模数字集成电路

- 半导体存储器
- 微处理器
- 大规模可编程逻辑器件
- 大规模专用数字集成电路（ASIC）

本章主要介绍半导体存储器 and 大规模可编程逻辑器件的结构及使用方法。

3.3.1 随机存取存储器（RAM）

➤ 存储大量二进制信息的器件

- 软磁盘
- 硬磁盘
- 磁带
- 光盘
- 半导体存储器

➤ 半导体存储器特点

- 存取速度快
- 集成度高
- 功耗低
- 体积小
- 容量扩充方便

➤ 半导体存储器特点

- 随机存取存储器(**RAM**, Random Access Memory)
- 只读存储器(**ROM**, Read Only Memory)

➤ RAM特点:

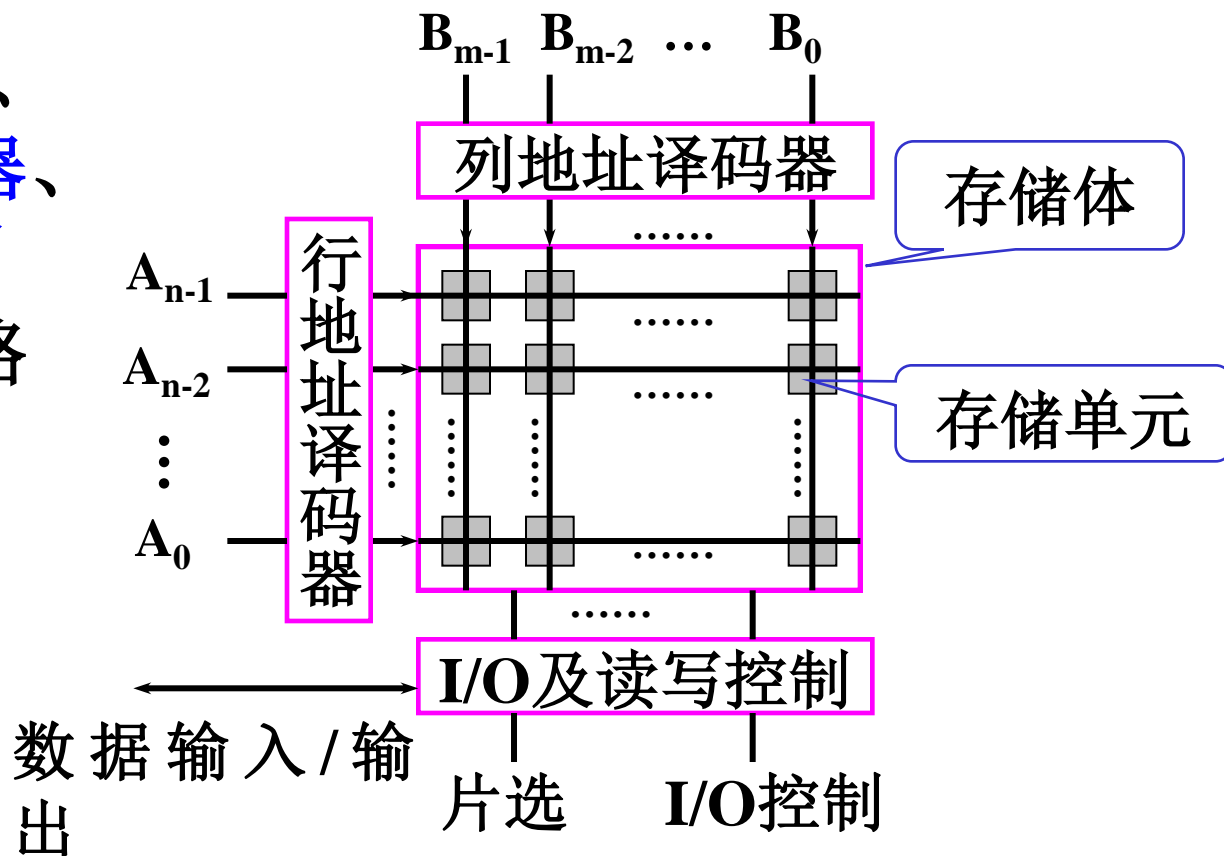
- 操作者能任意选中存储器中的某个地址单元，对该地址中的信息进行读出操作或写入新的信息。
- 读出操作时原信息保留；写入新信息时，新信息将取代原信息。
- 电路一旦失电，信息全无；恢复供电后，原信息不能恢复，RAM中的信息为随机数。
- 半导体存储器通常与微处理器直接相连，用于存放微处理器的指令、数据。

根据RAM的工作特点可见，计算机中的内存条就是一种随机存取存储器RAM。

一、RAM的一般结构和读写过程

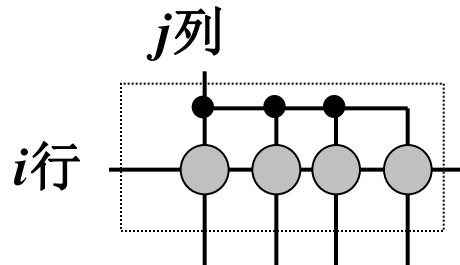
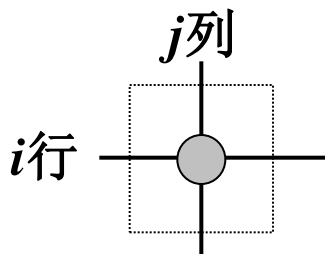
1. RAM的一般结构

RAM由存储体、行列地址译码器、I/O及读/写控制电路三部分电路组成。



■ 存储体:

是存放大量二进制信息的“仓库”，由成千上万个存储单元组成。而每个基本存储单元存放着一位二进制数0或1。



一个基本存储单元(1位) 一个存储单元(四个基本存储单元)(4位)

一个地址码可以同时指定多个存储单元，即一次“写入”或“读出”的数是一个多位二进制数。存储器的容量就是基本存储单元的个数。表示为**M字×N位**。其中，M个字是全部地址码所能指定的字数，N位就是一个地址码一次能指定的存储单元的个数。

例如，一个10位地址的RAM，共有 2^{10} 个存储单元，若每个存储单元存放一位二进制信息，则该RAM的容量就是 $2^{10} \times 1 = 1024$ 字位，通常称1K字位。若每个存储单元存放4位二进制信息，则该RAM的容量就是 $2^{10} \times 4 = 4096$ 字位或4K字位。

■ 行、列地址译码器：

是二进制译码器，将地址码翻译成行列对应的具体地址，指明对哪个存储单元进行读写操作。

例如，一个10位的地址码 $A_4A_3A_2A_1A_0=00101$ 、 $B_4B_3B_2B_1B_0=00011$ 时，则将对应于第5行第3列的存储单元被选中。

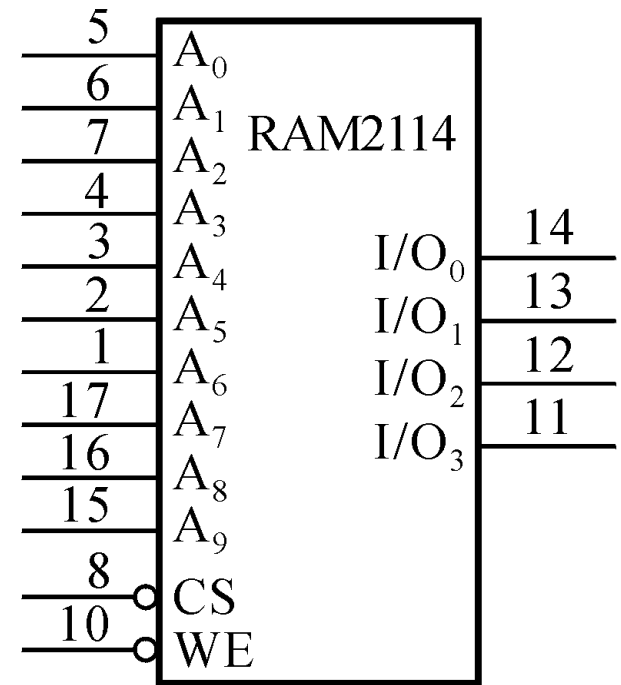
■ I/O及读/写控制电路：

读/写控制电路决定是读出存储器中的信息还是将新信息写入存储器中。

输入/输出缓冲器起数据锁存作用，通常采用三态输出的电路结构。因此，RAM可以与外面的数据总线电路相连接，实现信息的双向传输。

2. RAM的读/写过程

- 访问某地址单元的地址码有效，加入你想去访问的具体地址：如 $A_9 \sim A_0 = 0D3H = 0011010011B$ 。
- 片选有效： $\overline{CS}=0$ ，选中该片RAM为工作状态。
- 读/写操作有效： $\overline{WE}=1$ ，读出信息； $\overline{WE}=0$ ，写入信息。



二、RAM中的存储单元

按照数据存取的方式不同，RAM中的存储单元分为两种：

- 静态存储单元—静态RAM(**SRAM**, Static RAM)
- 动态存储单元—动态RAM(**DRAM**, Dynamic RAM)

1. 静态存储单元(SRAM)

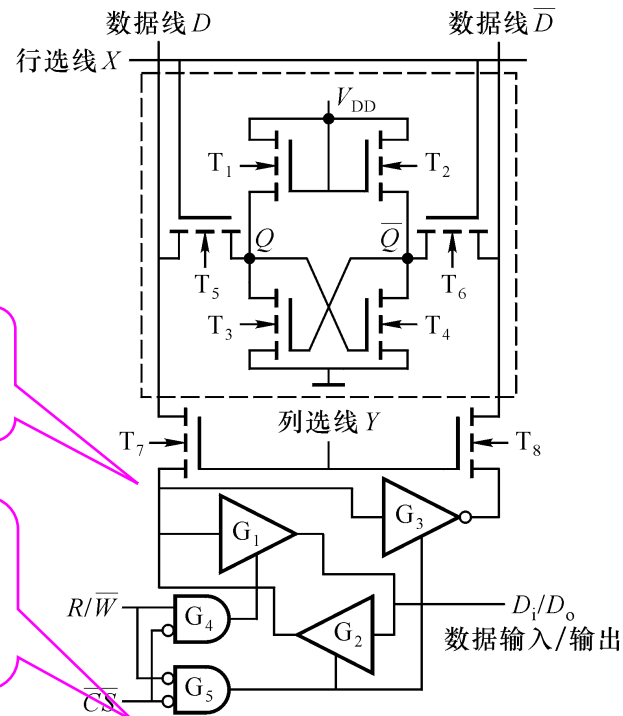
➤ 典型结构

它由电源来维持信息，寄存器加门控管构成

靠寄存器的自保功能存储数据

存储单元

I/O缓冲及
控制电路



2.动态存储单元 (DRAM)

静态存储单元存在静态功耗，集成度做不高，所以，存储容量也做不大。

动态存储单元，利用了栅源间的MOS电容可存储电荷来存储信息。其静态功耗很小，因而存储容量可以做得很大。多采用1位输入1位输出和地址分时输入方式。

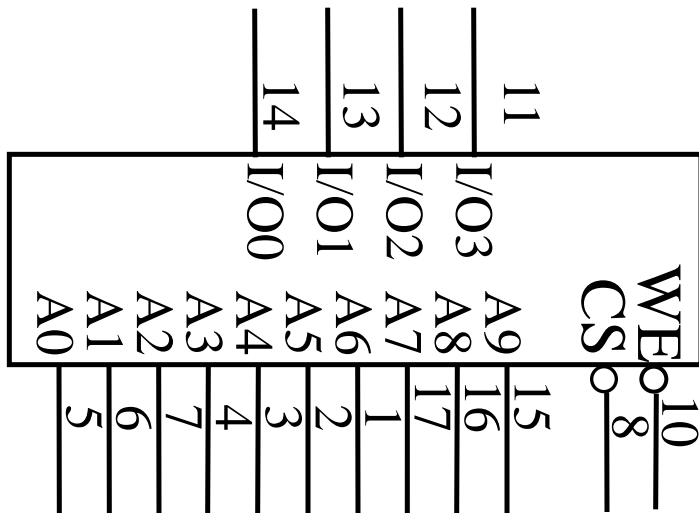
- ❖ 静态RAM功耗大，密度低
- ❖ 动态RAM功耗小，密度高
- ❖ 动态RAM需要定时刷新(Refresh)，使用较复杂

三、静态RAM(SRAM)的容量扩展

当静态RAM的地址线和数据线不能与微机相匹配时，可用地址线扩展、数据线扩展、地址线和数据线同时进行扩展的方法加以解决。

➤ 位数扩展（数据线扩展）

RAM 2114：10位地址，4位数据线，容量为 $2^{10} \times 4 = 1024 \times 4 = 4096$ 字位（4K字位）。

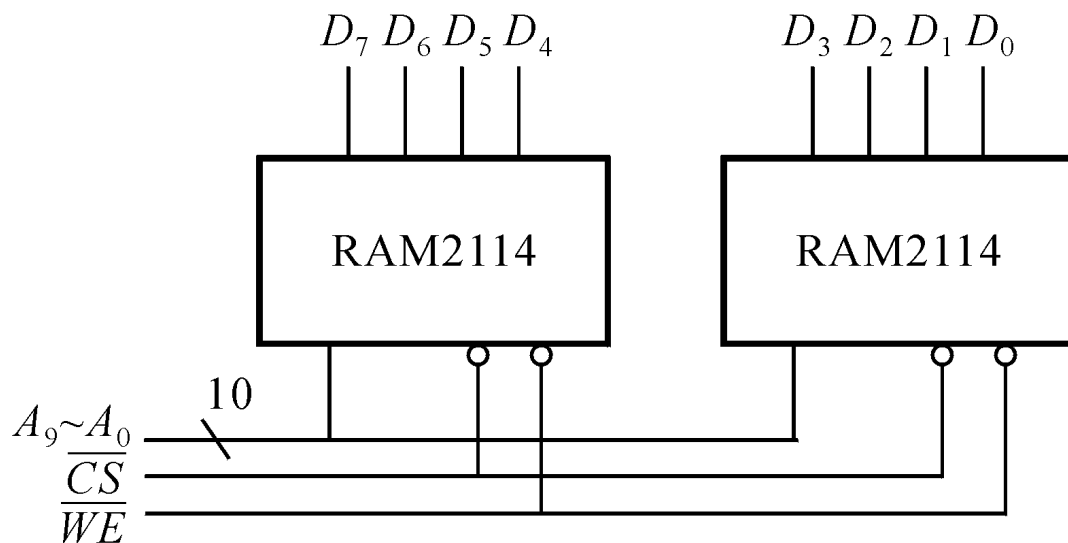


地址	\overline{CS}	\overline{WE}	I/O3~I/O0
有效	1	×	高阻态
有效	0	1	输出
有效	0	0	输入

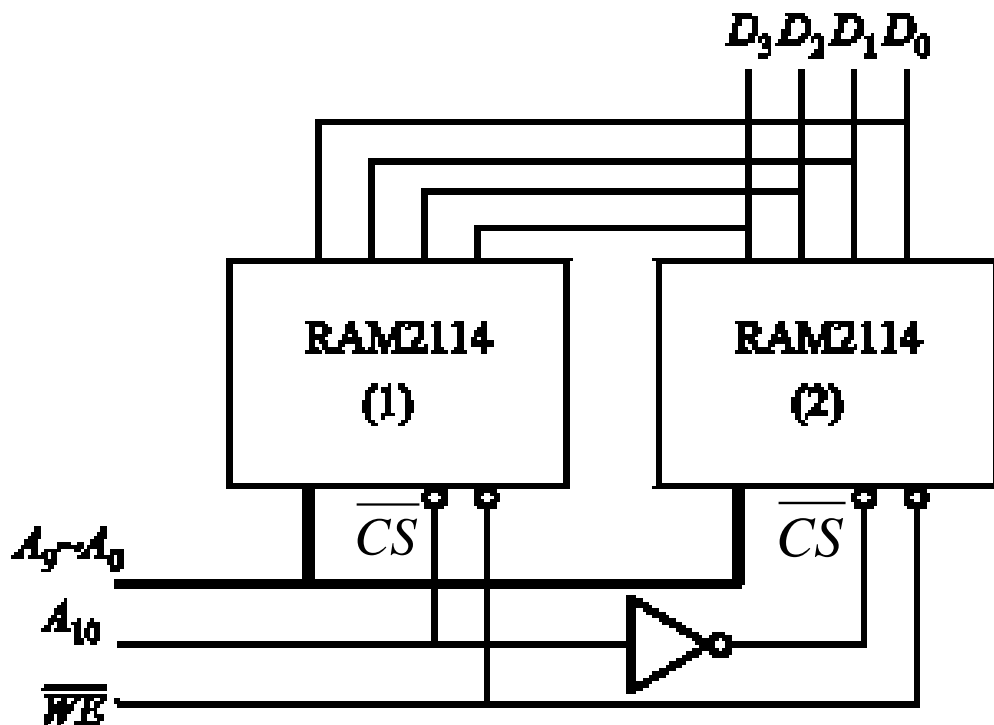
【例】

用4K容量的RAM2114，实现一个容量为 1024×8 字位(8K字位)容量的RAM。

解：选用RAM2114两片，将两片的地址线、读/写线及片选线并联，两片的数据分别作为高4位数据和低4位数据，即可组成8位的数据线。



➤ 字扩展 (地址线扩展)



$A_{10}=0$ 时, 地址范围为 $A_{10}A_9 \cdots A_0 = (000000000000 \sim 011111111111)_B$

或 $(000 \sim 3FF)_H$ **RAM1工作**

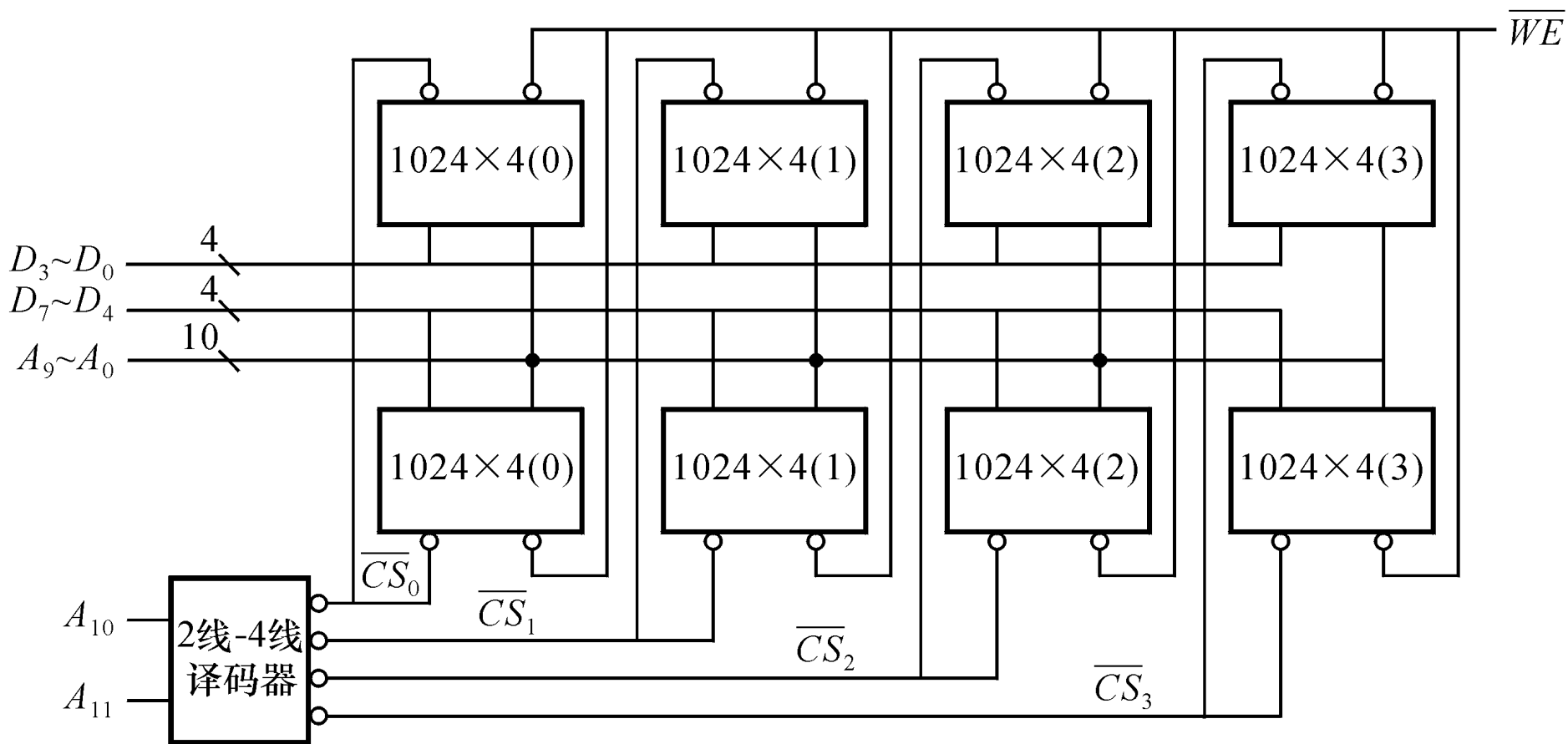
$A_{10}=1$ 时, 地址范围为 $A_{10}A_9 \cdots A_0 = (100000000000 \sim 111111111111)_B$

或 $(0400 \sim 7FF)_H$ **RAM2工作**

➤ RAM的字位扩展

【例】 将RAM2114扩展成容量为 4096×8 字位（32K字位）的RAM。

解： 4096个字需要12位地址，而RAM2114只有10位地址，所以需要进行地址扩展，同时还应将4位，扩展成8位。位扩展同前，地址扩展用译码器完成，共需用8片RAM2114。



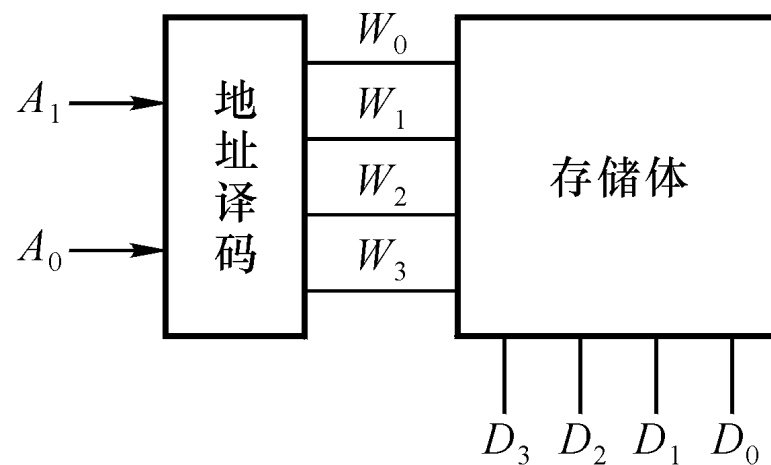
3.3.2 只读存储器ROM

- 只读存储器ROM中的信息不能轻易地更改。
- 一经写入，只能读出。即使掉电，原存储的内容仍然不变。
- 一旦恢复供电，信息能完全复原。

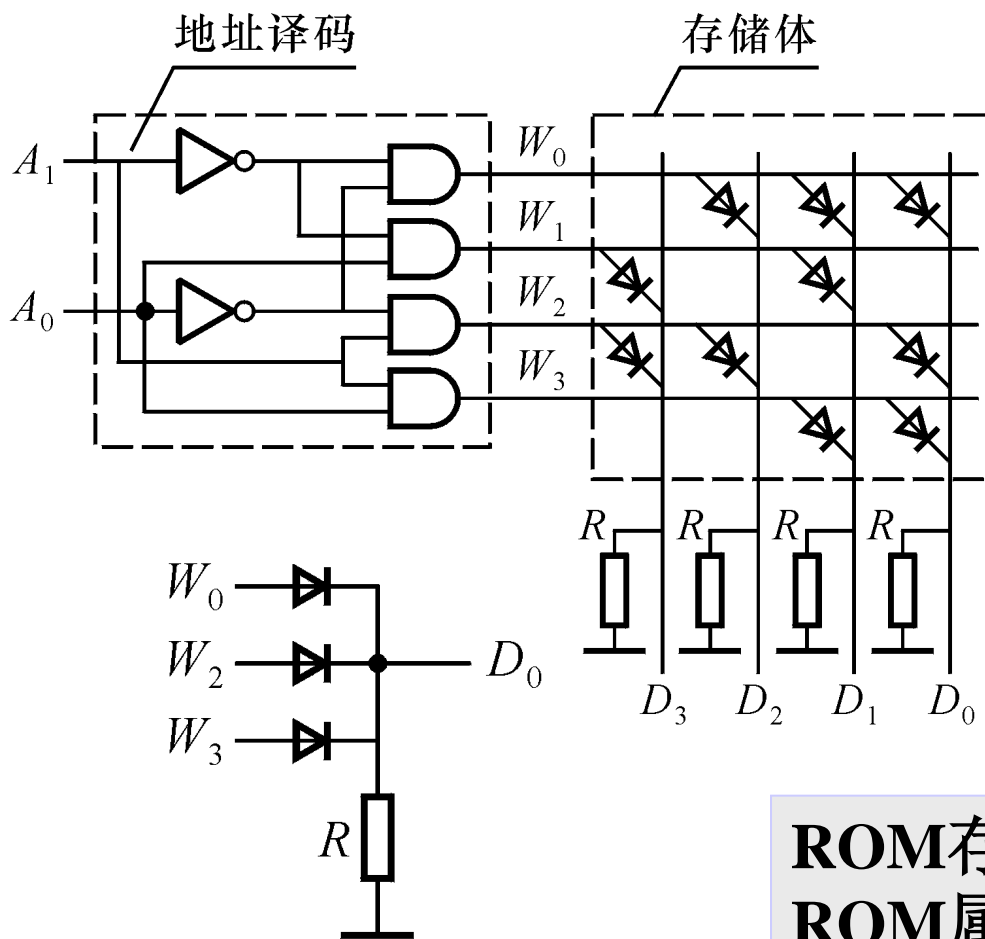
一、只读存储器的一般结构

地址译码器是一个二进制全译码电路，即是一个不可编程的“与”阵列。

存储体是一个“或”结构的阵列。



➤ 4×4ROM具体电路



读出的信息内容如下：

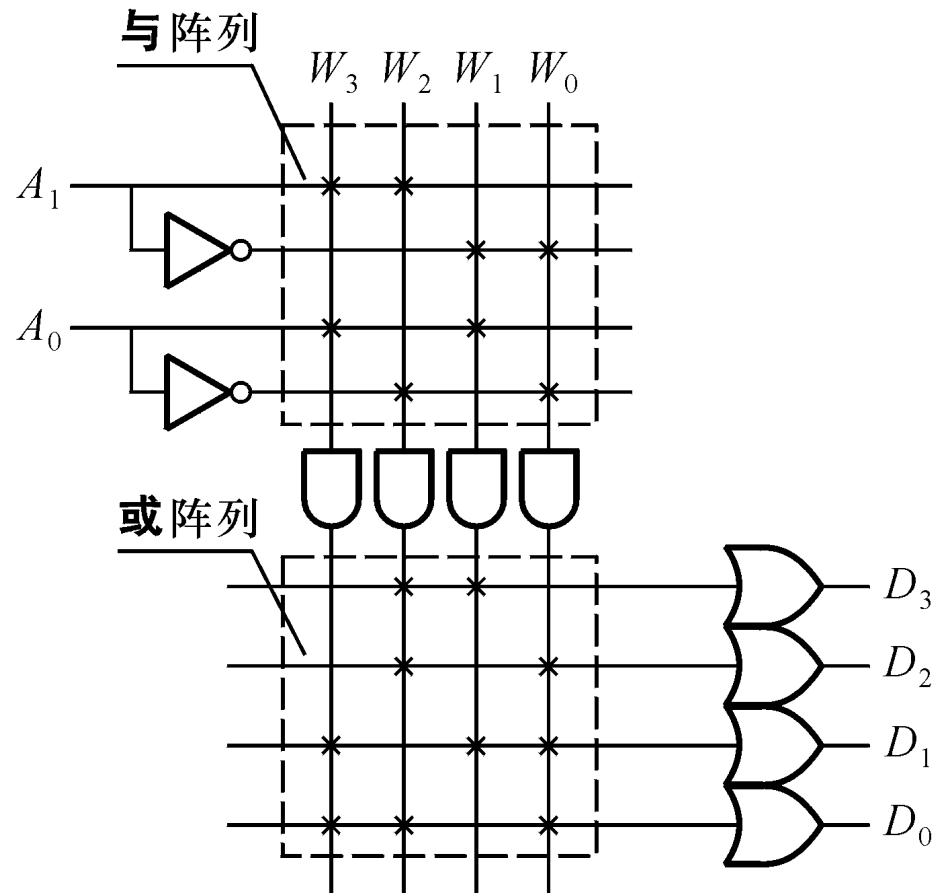
地址		字选线	字输出			
A_1	A_0	W	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	W_0	0	1	1	1
0	1	W_1	1	0	1	0
1	0	W_2	1	1	0	1
1	1	W_3	0	0	1	1

D₀位的或门结构

ROM存储体与RAM完全不一样，ROM属于组合逻辑电路，而且ROM也没有I/O缓冲与控制电路。

ROM没有记忆电路，由固定的“与”阵列和固定的“或”阵列组成。 N 位地址的**与阵列**共有 2^N 个**与项**(称为**字**)；存储矩阵部分构成**或阵列**，每个或门的输出称为**位**。

ROM的与或阵列结构与**组合型PLD**器件相类似，表明**PLD**器件是由**ROM**逐步发展过来的。同时，**ROM**也用**简化逻辑图**表示：

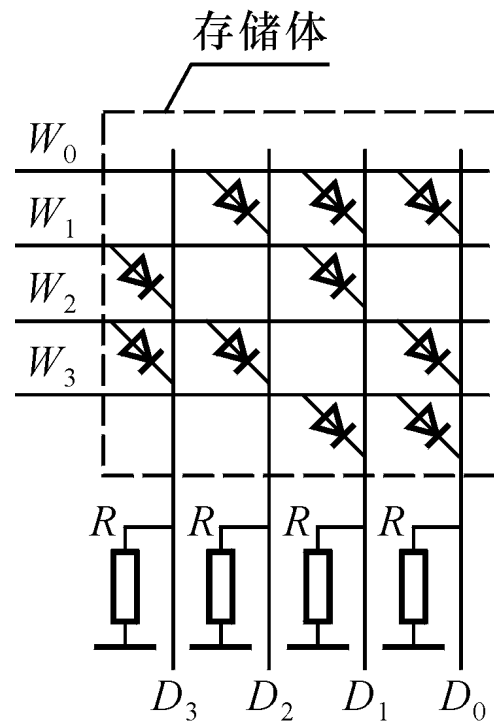


二、只读存储器ROM的种类

ROM中的与阵列不可编程，或阵列可进行固定编程。根据不同的半导体制造工艺，或阵列的编程方式有多种。ROM种类通常按其编程方式划分。

► 掩膜型只读存储器

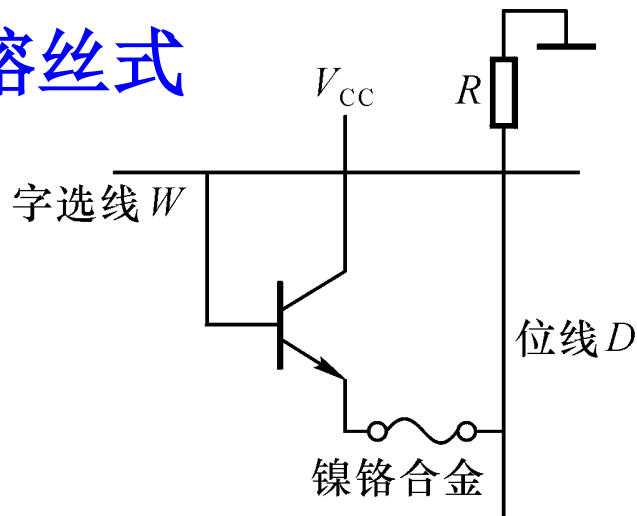
- 生产厂家根据用户要求的存储内容，用掩膜工艺，在存储体中的字位线交叉处，制作半导体器件。
- 一旦制成，其内容就固定，无法编程（更改）。
- 如家电中的洗衣机程序，电风扇程序都是固定的。



► PROM 可一次编程(改写)的只读存储器

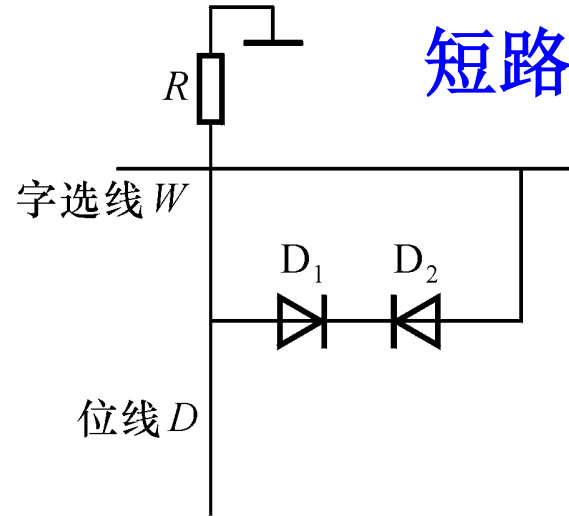
- 可以编程一次，编程后内容就固定了，无法更改。
- 在字位线的每个交叉点上都做上一个半导体器件。
- 又分为熔丝式和短路式两种。

熔丝式



- 出厂时内容全为“1”。
- 加电流将熔丝熔断，可把内容改写为0。

短路式



- 出厂时内容全为“0”。
- 将D₁击穿，可把内容改写为1。

➤ EPROM 紫外线擦除式(UVEEPROM)

- EPROM芯片的中央开有一个石英窗口。
- 通常采用编程电压进行编程，可多次编程，编程次数达100次以上；
- 擦除所有内容时需用UV（紫外线）对准窗口照射，时间约20分钟；
- 编程后需用黑色胶布将石英窗口封住，以防空气中的UV，数据可保存20年以上；
- 在字位线交叉点制作一个特殊的MOS器件。一种是**FAMOS**（Floating-gate Avalanche Injunction MOS，**浮栅雪崩注入型**）；另一种是**SIMOS**（Stacked-gate Injunction MOS，**叠栅注入型**）。

➤ **E²PROM 电擦除式 (EEPROM)**

- E²PROM的擦除只需电信号（高压编程电压和高压脉冲），且擦除速度快。
- E²PROM可以单字节擦除或改写，而EPROM只能整片擦除。
- 有些E²PROM可5V编程。
- E²PROM既具有ROM器件的**非易失性**优点，又具备类似RAM器件的可读写功能（但写入速度相对较慢）。
- E²PROM存储单元中采用**隧道MOS管**（全称为浮栅隧道氧化层MOS管**Flotox**，Floating-gate Tunnel Oxide MOS）。

➤ 快闪存储器 (FLASH Memory)

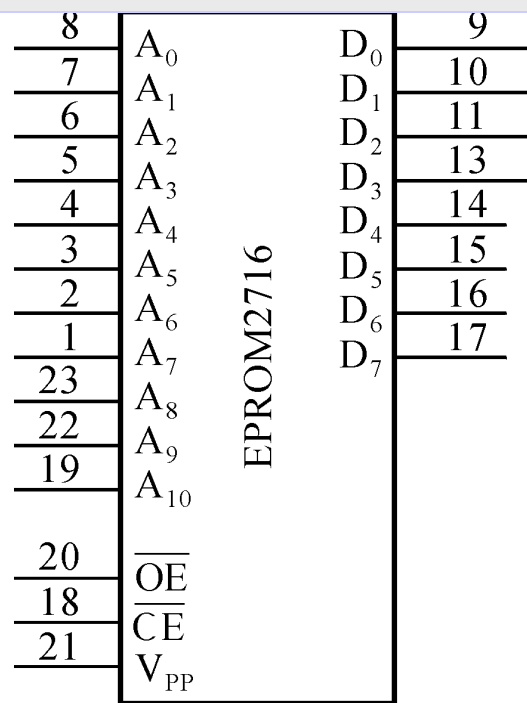
- 每个存储单元只需单个MOS管，因此其结构比EEPROM更加简单，存储容量可以做得更大。
- 不能象EEPROM那样实现单字节擦除或改写，一般只能分页擦除或改写。
- 根据器件容量大小，一页大小为128、256、512、64K字节不等。
- 快闪存储器的编程与EPROM相似。
- 快闪存储器的擦除机理与E²PROM相似，即利用了“电子隧道效应”。

三、ROM的应用举例

ROM是由“与”阵列（地址译码器）和可编程的“或”阵列（存储体）组成。而任何一个逻辑函数都可表示为“与或”表达式。因此，**可以用EPROM实现各种功能的组合逻辑。**

➤ EPROM2716

- 有11根地址线 $A_0 \sim A_{10}$
- 8位数据输出 $D_0 \sim D_7$
- 存储容量为2K字节
- V_{PP} 是编程电压
- \overline{CE} 、 \overline{OE} 为片选、读/写



EPROM2716的六种工作状态

引脚 工作状态	\overline{CE}	\overline{OE}	V_{PP}	V_{DD}	$D_7 \sim D_0$
读出	0	0	+5V	+5V	输出
未选中	1	1	+5V	+5V	高阻
等待	1	×	+5V	+5V	高阻
编程写	50mS脉冲	1	+25V	+5V	写入
编程禁止	0	0	+25V	+5V	读出
编程禁止	0	1	+25V	+5V	高阻

【例】试用EPROM2716将4位二进制码转换成格雷码。

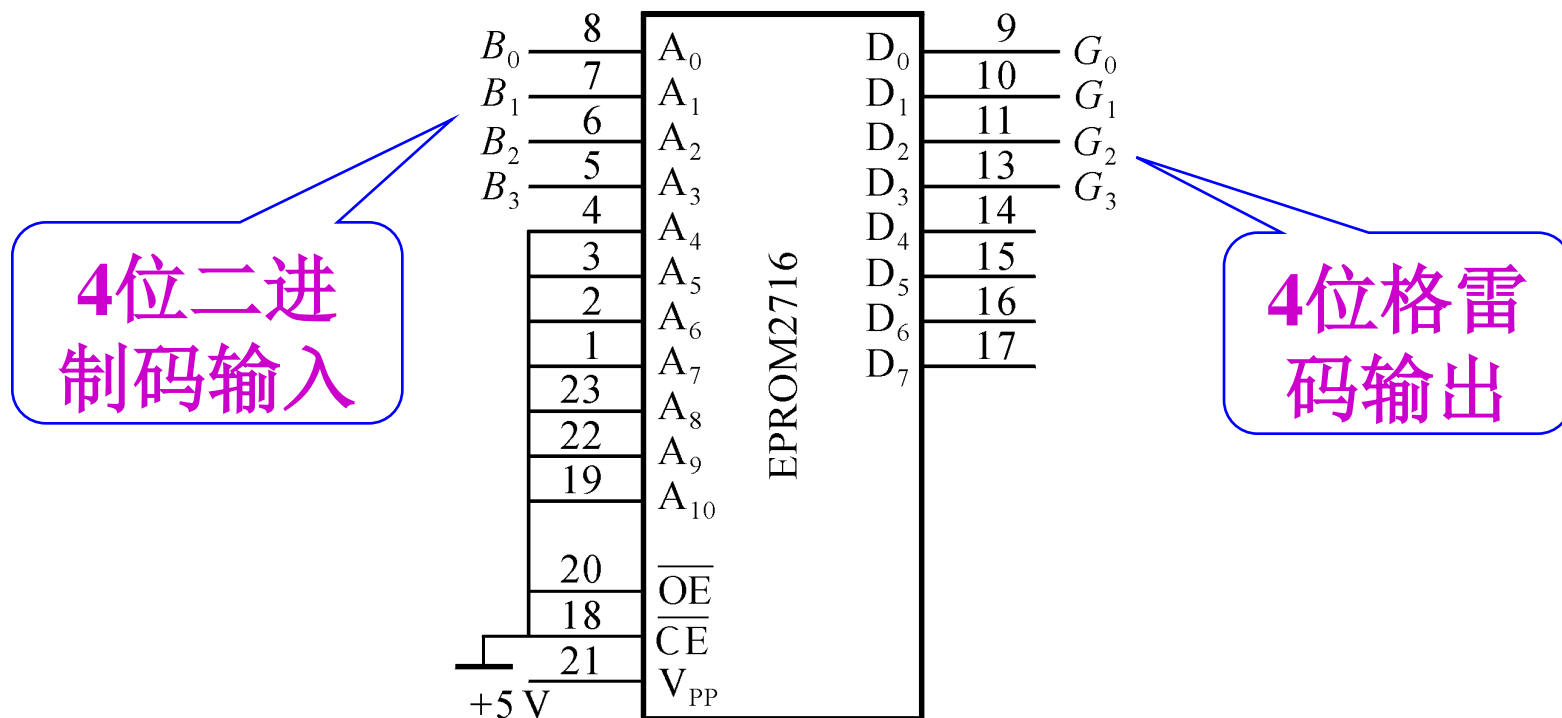
解：二进制码与格雷码的关系为：

二进制码	格雷码	二进制码	格雷码
$B_3 B_2 B_1 B_0$	$A_3 A_2 A_1 A_0$	$B_3 B_2 B_1 B_0$	$A_3 A_2 A_1 A_0$
0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 0	1 1 0 0
0 0 0 1	0 0 0 1	1 0 0 1	1 1 0 1
0 0 1 0	0 0 1 1	1 0 1 0	1 1 1 1
0 0 1 1	0 0 1 0	1 0 1 1	1 1 1 0
0 1 0 0	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 1 0
0 1 0 1	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 1
0 1 1 0	0 1 0 1	1 1 1 0	1 0 0 1
0 1 1 1	0 1 0 0	1 1 1 1	1 0 0 0

把4位二进制码作为**EPROM2716**的低四位地址输入，
而把4位格雷码作为对应地址中的内容写入到**EPROM**
中，即可实现二进制码到格雷码的转换。

地址 $A_{10} \sim A_0$	内容 $D_7 \sim D_0$	地址 $A_{10} \sim A_0$	内容 $D_7 \sim D_0$
00H	00H	08H	0CH
01H	01H	09H	0DH
02H	03H	0AH	0FH
03H	02H	0BH	0EH
04H	06H	0CH	0AH
05H	07H	0DH	0BH
06H	05H	0EH	09H
07H	04H	0FH	08H

转换电路如图:



【例】试用EPROM2716、计数器、译码器等电路设计一个能显示“日”字的字符发生器。

解：要设计这样一个显示电路必须考虑以下几点：

- (1) 要显示的信息“日”应存放在存储器中，显示时不断地重复取出“日”信息。
- (2) 如果采用点阵式的发光二极管显示方式时，应以一定的频率自上而下的逐行扫描，使显示的“日”字不闪烁。
- (3) 除需要存储器外，还应有计数器和译码器以及一块点阵显示板。

	1	1	1	1	1	1	
	1					1	
	1					1	
	1	1	1	1	1	1	
	1					1	
	1					1	
	1	1	1	1	1	1	

将“日”进行编程，然后写入EPROM2716中。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0

8×8发光二极管
显示板

地址	内容	地址	内容
$A_{10} \sim A_0$	$D_7 \sim D_0$	$A_{10} \sim A_0$	$D_7 \sim D_0$
00H	00H	04H	7EH
01H	7EH	05H	42H
02H	42H	06H	42H
03H	42H	07H	7EH

EPROM中内容

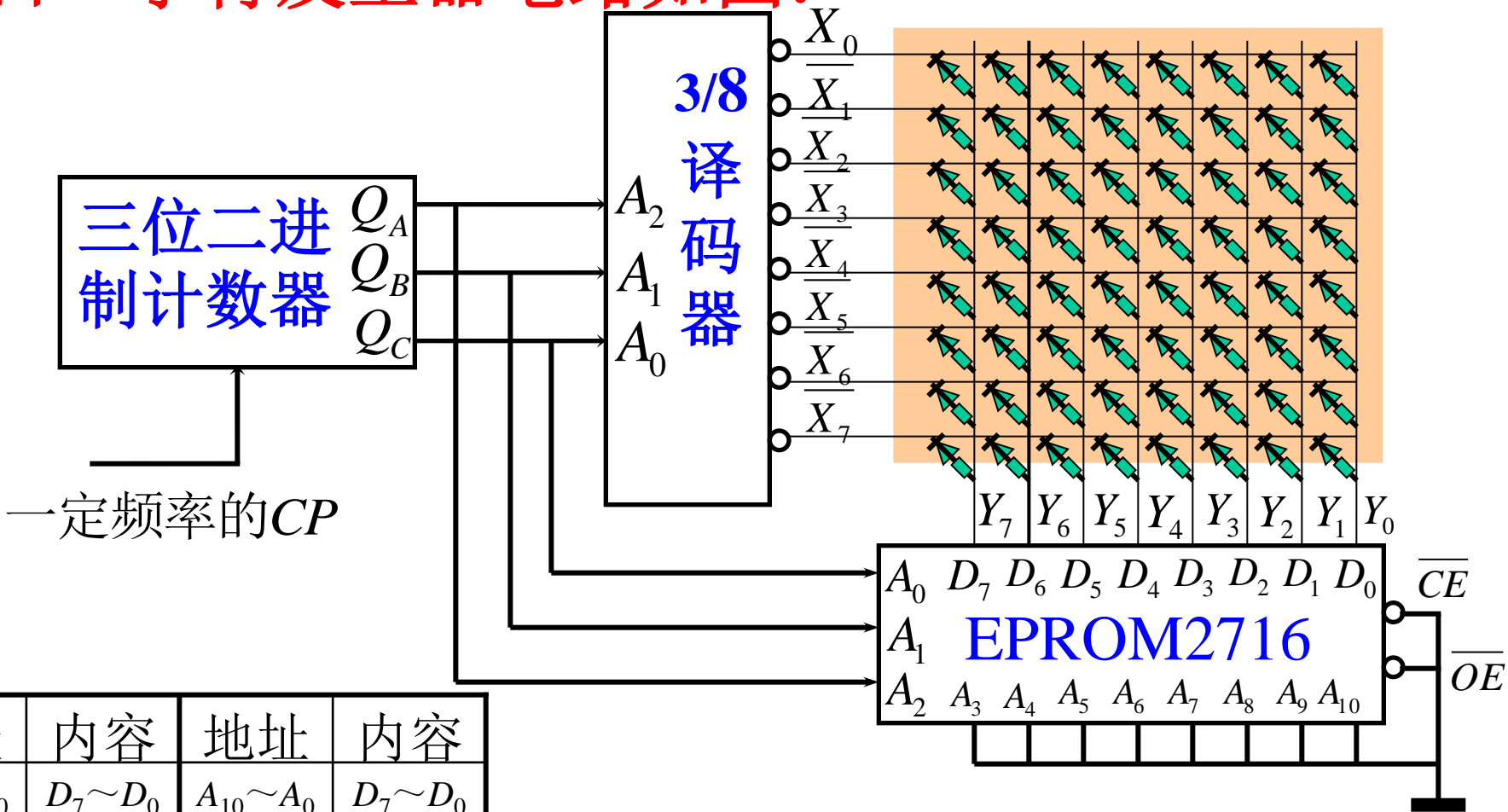
按表中所示地址和内容对2716编程

- 一般用编程器自动完成。
- 手工编程时，须按EPROM2716编程时的要求连接进行，如下一行。

\overline{CE}	\overline{OE}	V_{PP}	V_{DD}
50mS脉冲	1	+25V	+5V

“日”字符发生器电路如图：

8×8字符显示板



地址	内容	地址	内容
$A_{10} \sim A_0$	$D_7 \sim D_0$	$A_{10} \sim A_0$	$D_7 \sim D_0$
00H	00H	04H	7EH
01H	7EH	05H	42H
02H	42H	06H	42H
03H	42H	07H	7EH