

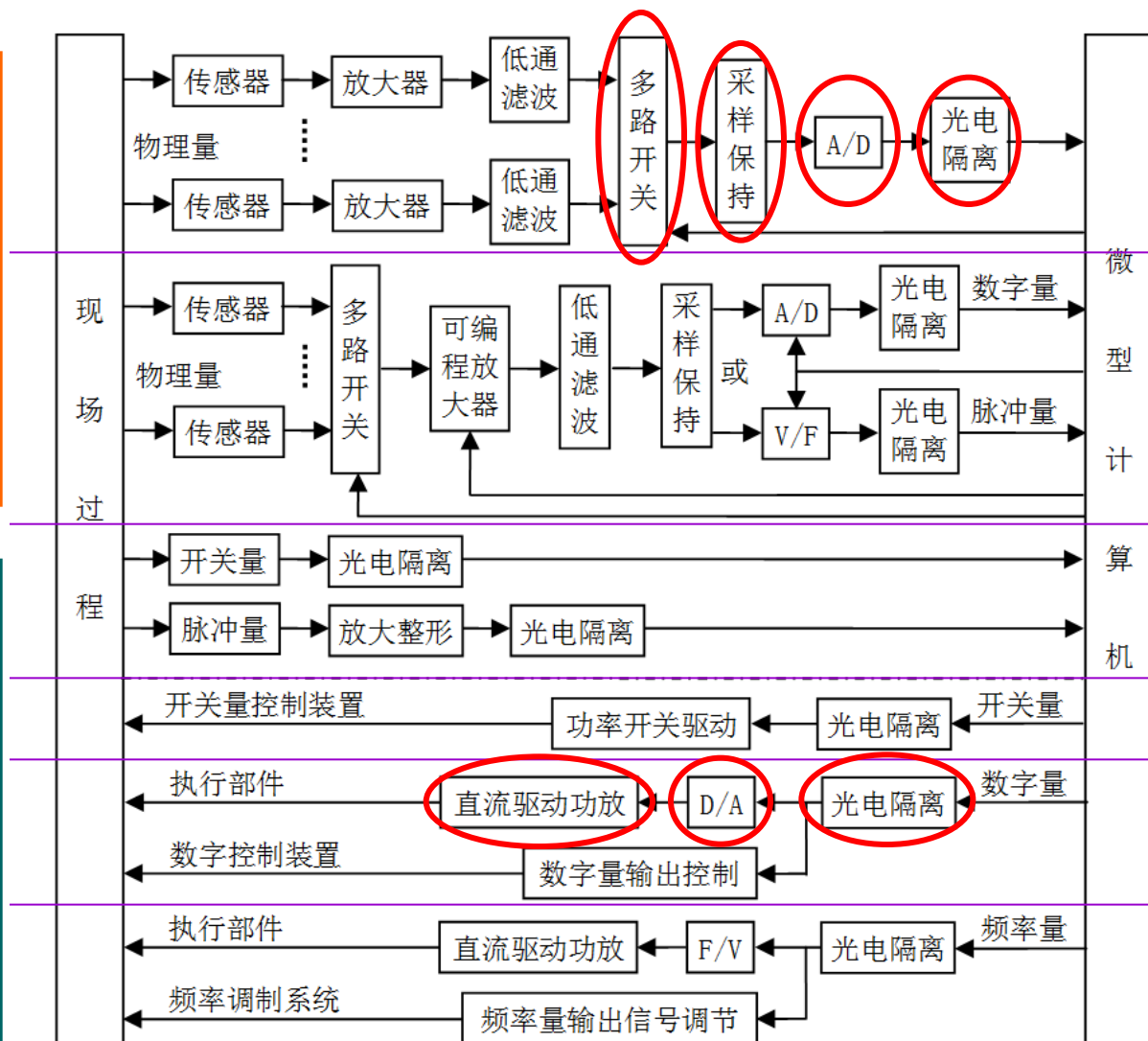
第8章 模拟接口

模拟量：连续变化的物理量。“连续”包括两方面的含义：

- (1) 时间上，是随时间连续变化的；
- (2) 数值上，数值也是连续变化的。

“数字”也包含着两方面的意义：

- (1) 时间上，是某一物理量在某一时刻的瞬时值；
- (2) 数值上，数值是按某一最小单位的倍数变化的。

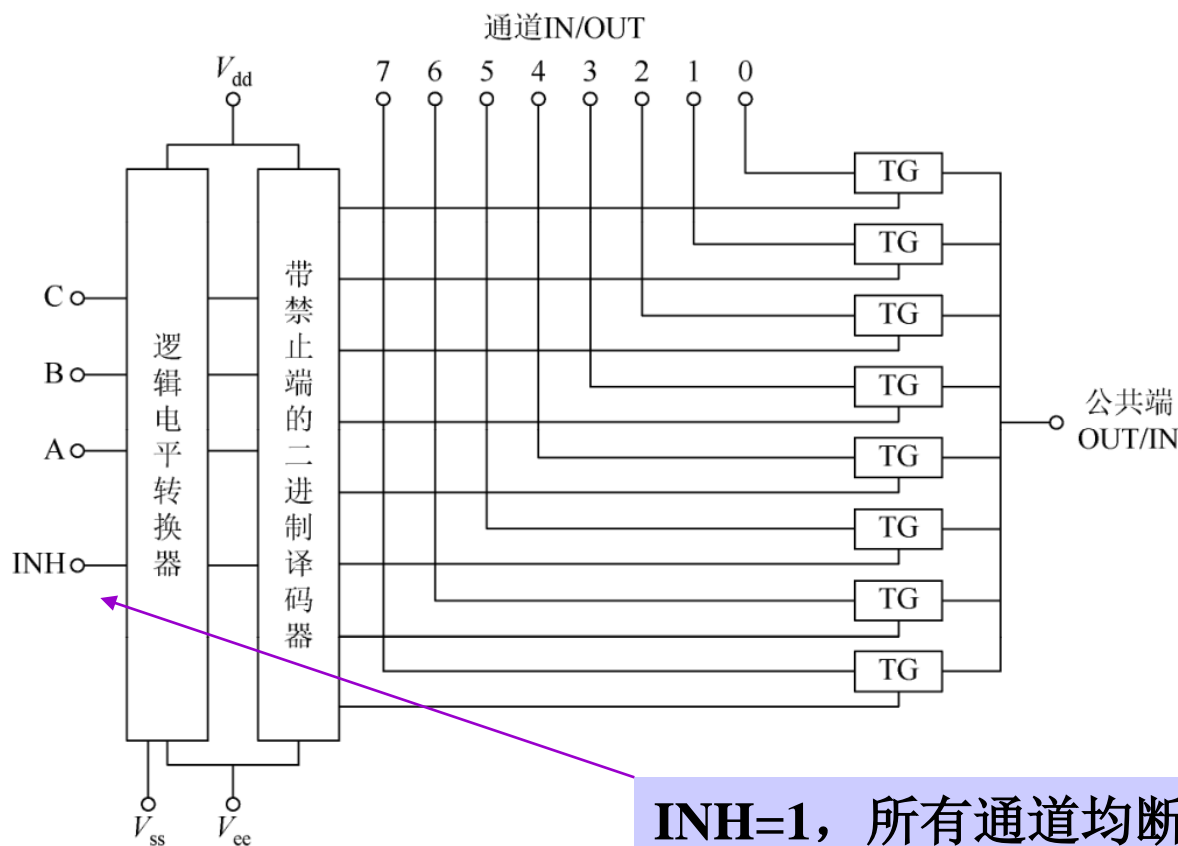


8.1.1 传感器

- **传感器**：一般是指能够进行非电量和电量之间转换的敏感元件。
- 传感器的精度直接影响整个系统的精度。物理量的多样性使得传感器的种类繁多。
- **温度传感器**：比如热敏电阻温度传感器，一种半导体感温元件，温度升高时，电阻值减小。
- **湿度传感器**：湿度传感器大多利用湿度变化引起其电阻值或电容量变化原理制成。
- **气敏传感器**：一种检测特定气体的传感器，将气体种类及其与浓度有关的信息转换成电信号。
- **压力传感器**：比如压电传感器、压阻传感器等。
- **位移角度传感器**：脉冲盘式、光电码盘角度 - 数字转换器等。

8.1.2 多路开关

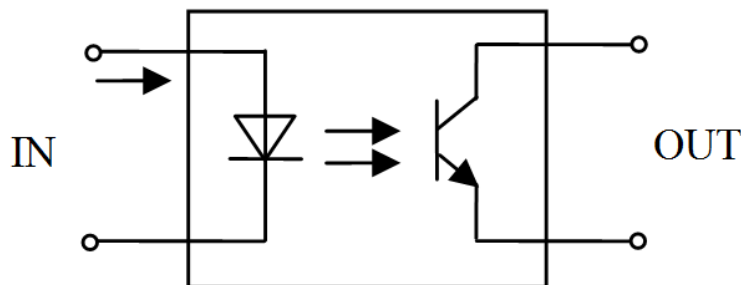
- 多路开关主要用途：多到一转换，或者一到多转换。
- 双向单端8通道多路开关CD4051



C	B	A	INH	选择通道
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	2
0	1	1	0	3
1	0	0	0	4
1	0	1	0	5
1	1	0	0	6
1	1	1	0	7
×	×	×	1	×

图 8.1.2 CD4051 原理图

8.1.3 光电隔离器



(1) 当发光二极管有正向电流通过时，即产生红外光，光敏三极管接收光以后便导通。

(2) 而当该电流撤去时，发光二极管熄灭，三极管截止。

输入、输出端两个电源必须单独供电

8.1.4 固态继电器

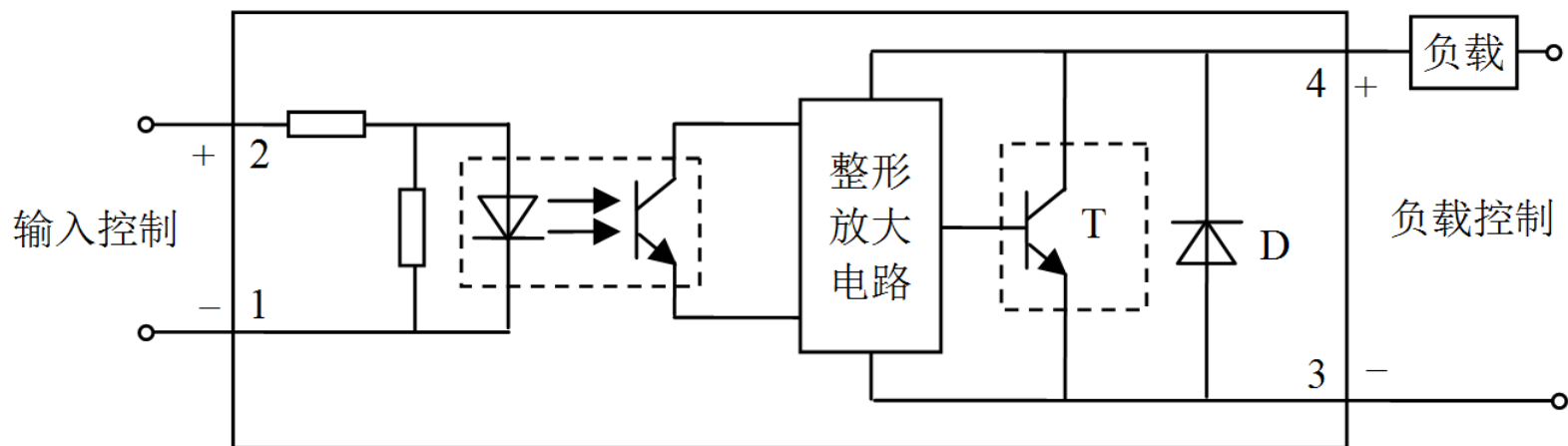


图 8.1.4 直流型固态继电器的电路原理

在机械继电器控制中，由于采用电磁吸合方式，在开关瞬间，触点容易产生火花，从而引起干扰。对于交流高压等场合，触点还容易氧化，因而影响系统的可靠性。

固态继电器（简称SSR）用晶体管或可控硅代替机械继电器的触点开关，在前级把光电隔离器融为一体，因此，固态继电器实际上是一种带光电隔离器的无触点开关。

由于固态继电器输入控制电流小，输出无触点，所以与机械式继电器相比，具有体积小、重量轻、无机械噪声、无抖动和回跳、开关速度快、工作可靠等优点。

8.2 D/A 转换

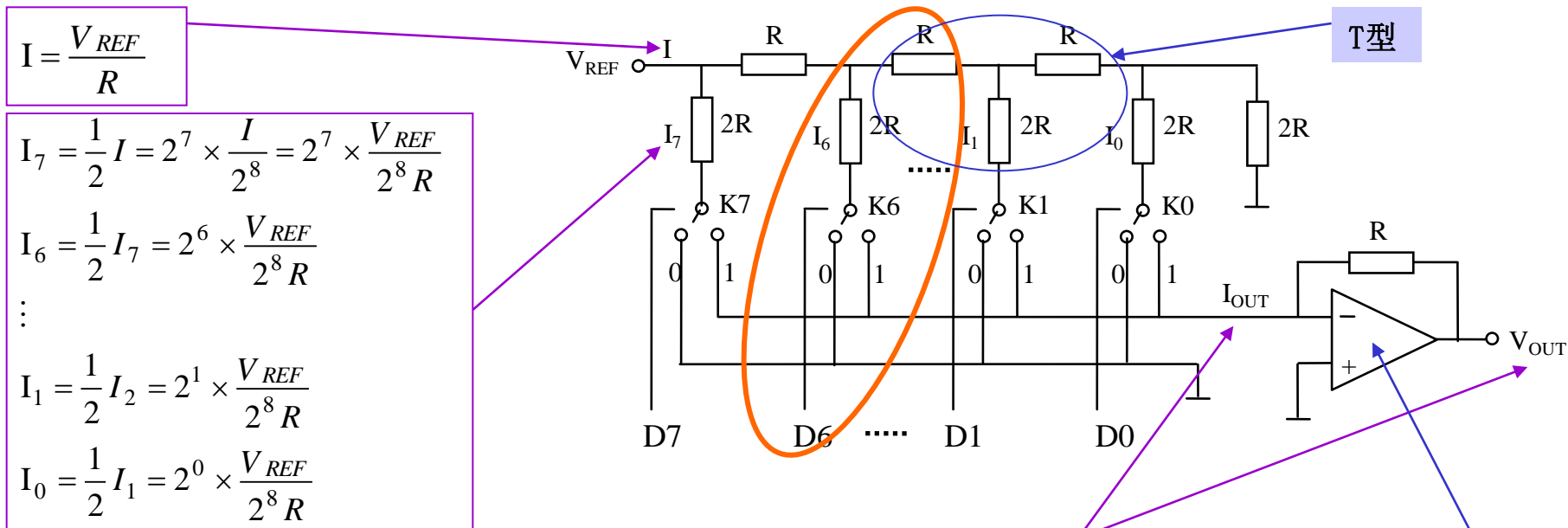
- 8.2.1 D/A 转换原理
- D/A转换：把数字量信号转换成模拟量信号。
- D/A转换常用方法：加权电阻网，T型电阻网。
- 1. 加权电阻网D/A转换
- 加权电阻网D/A转换就是用一个二进制数字的每一位代码产生一个与其相应权成正比的电压（或电流），然后将这些电压（或电流）叠加起来，就可得到该二进制数所对应的模拟量电压（或电流）信号。

2. T 型电阻网 D/A 转换

- 组成:

- (1) 输入数据控制的开关组;
 - (2) **R-2R**电阻网络;
 - (3) 由运算放大器构成的电流-电压转换电路。
- 这种转换方法与加权电阻网络法的主要区别在于电阻求和网络的形式不同，它采用分流原理来实现对相应数字位的转换。
 - 电路中全部电阻是**R**和两倍的**R**两种，阻值通常在**100**欧姆到**1000**欧姆之间，整个电路是由相同的电路环节组成的。
 - 每一节电路有两个电阻，一个开关，这一节电路就相当于二进制数的一个位，每一节电路的开关就由二进制数相应的代码来控制，因为电阻是按**T**型结构来连接的，所以称为**T**型电阻网。

T型电阻网D/A转换原理



$$I_{OUT} = I_7 \times D_7 + I_6 \times D_6 + \cdots + I_1 \times D_1 + I_0 \times D_0 = \frac{V_{REF}}{2^8 R} \times \sum_{i=0}^7 (2^i \times D_i)$$

$$V_{OUT} = -R \times I_{OUT} = -\frac{V_{REF}}{2^8} \times \sum_{i=0}^7 (2^i \times D_i) = -E_0 \times N$$

$$E_0 = \frac{V_{REF}}{2^8} = 0.0039 V_{REF}$$

$$N = \sum_{i=0}^7 (2^i \times D_i)$$

一般地 $\frac{V_{REF}}{2^n} = \frac{V_{OUT}}{N}$

假设 $n = 8, V_{REF} = 5V$

若 $N=63H$, 则 $V_{OUT} = \frac{V_{REF}}{2^8} \times N = \frac{5V}{2^8} \times 63H = 1.93V$

若 $V_{OUT} = 1.45V$ 则 $N = \frac{2^8}{V_{REF}} \times V_{OUT} = \frac{2^8}{5V} \times 1.45V = 4AH$

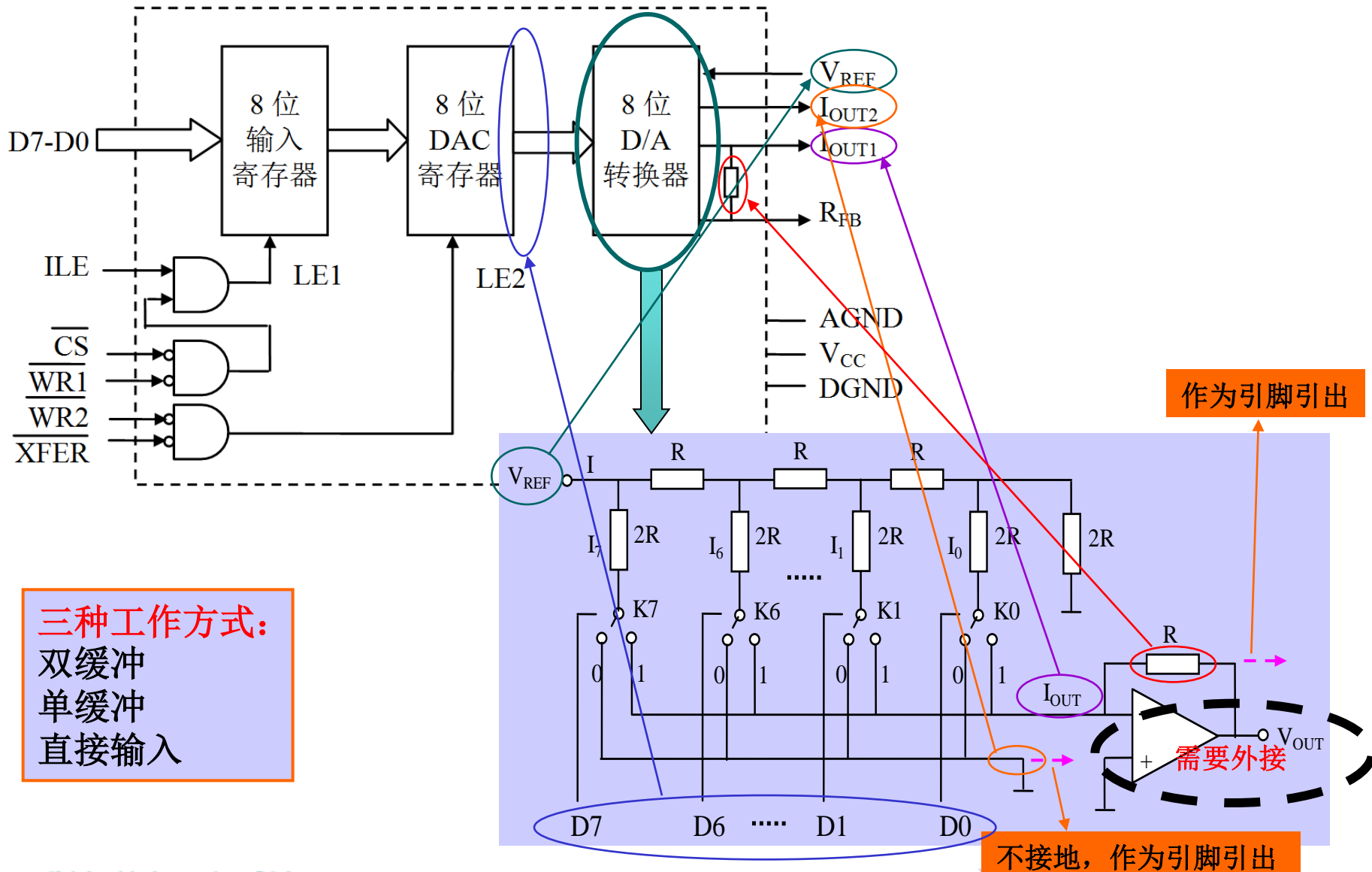
8.2.2 D/A 转换器的主要技术指标

- **分辨率**：当输入数字发生单位数码变化时，即LSB位产生一次变化时，所对应输出模拟量（电压或电流）的变化量。实际上，分辨率是反映了输出模拟量的最小变化量。
- **建立时间（转换时间）**：描述D/A转换速率快慢的一个重要参数，一般所指的建立时间是指输入数字量变化后，输出模拟量稳定到相应数值范围内（稳定值 $\pm \epsilon$ ）所经历的时间。

8.2.3 8 位 D/A 转换器 DAC0832

- **DAC 0832主要特性:**
- 8位分辨率
- 电流型输出
- 外接参考电压 $-10V \sim +10V$
- 可采用双缓冲、单缓冲或直接输入三种工作方式
- 单电源 $+5V \sim +15V$
- 电流建立时间 $1\mu s$
- R-2R T型解码网络
- 线性误差 $0.2\%FS$ (FS为满量程)
- 非线性误差 $0.4\%FS$
- 数字输入与TTL兼容

DAC 0832内部结构



DAC 0832应用

- 设定DAC 0832的地址为78H。当CPU送出00H~0FFH数据，经DAC 0832转换VOUT为0~+5V的模拟电压送至现场执行机构。
- **VOUT输出模拟电压0V~+5V程序段：**

```
MOV    AL, N          ; N为00H~0FFH间的任意数
OUT    78H, AL
```

方波发生器程序段

```
A1:  MOV  AL, 00H
      OUT 78H, AL
      CALL DELAY
      MOV  AL, 0FFH
      OUT 78H, AL
      CALL DELAY
      JMP  A1
```

输出高、低电平，改变数值，实现调幅

; DELAY为延时子程序

调用不同的延时时间，实现调频

锯齿波发生器程序段

MOV AL, 00H

OUT 78H, AL

A1: INC AL

OUT 78H, AL

MOV CX, n ; 延时

延时不同的时间，实现调频

A2: LOOP A2

JMP A1

三角波发生器

```
MOV AL, 00H
A1: OUT 78H, AL
CALL DELAY ; 调延时子程序


---


INC AL
JNZ A1


---


DEC AL ; 使AL=FFH
DEC AL ; 使AL=FEH, 消除平顶


---

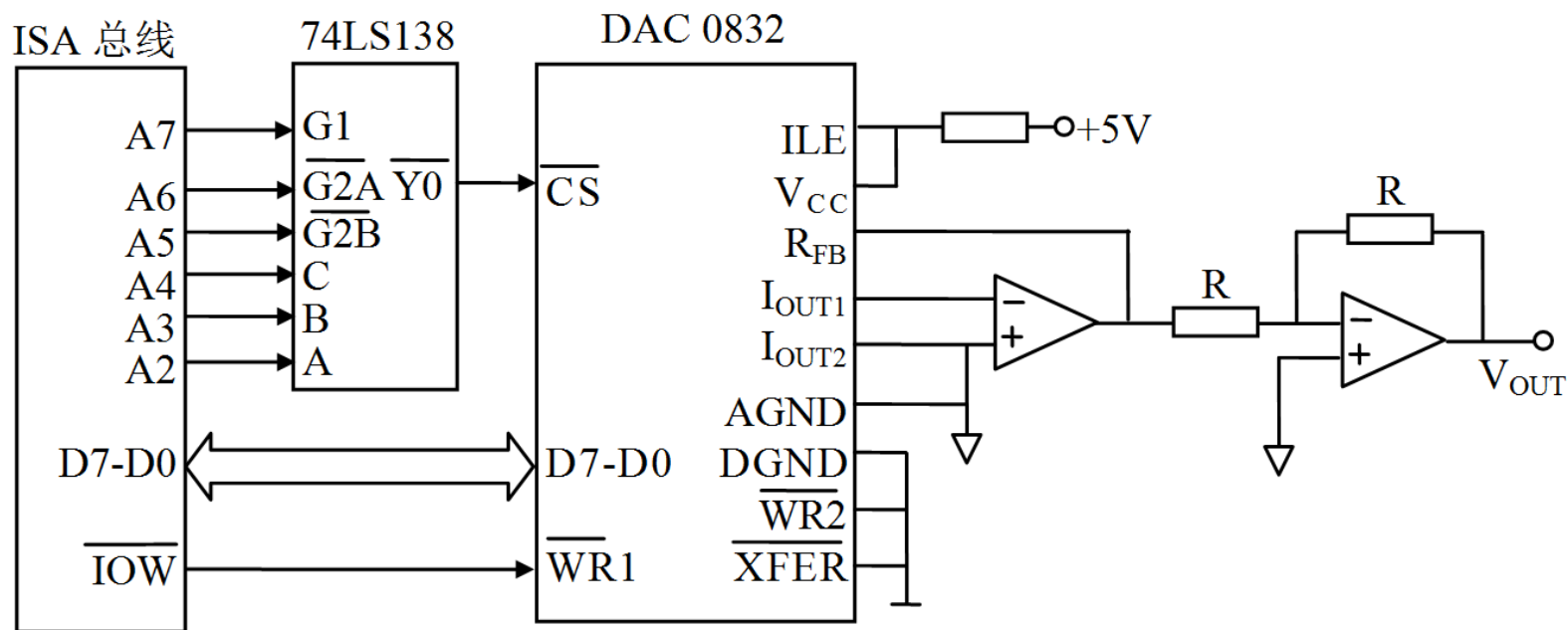

A2: OUT 78H, AL
CALL DELAY ; 调延时子程序
DEC AL
JNZ A2


---


JMP A1
```

DAC 0832的典型连接

DAC0832 的典型连接是单极性单缓冲连接，图中 DAC0832 的端口地址为 80H ~ 83H，使用 “OUT 80H，AL” 命令将 AL 中的数据输出。



例 8.2.1 利用 DAC0832 输出单极性模拟量电压

- 将从2000H开始的50个字节单元数据依次送到DAC 0832输出，每个数据输出间隔时间为1ms，可调用D1ms延时1ms子程序。

- 输出程序：

```
MOV SI, 2000H
```

```
MOV CX, 50
```

```
A1: MOV AL, [SI]
```

```
INC SI
```

```
OUT 80H, AL
```

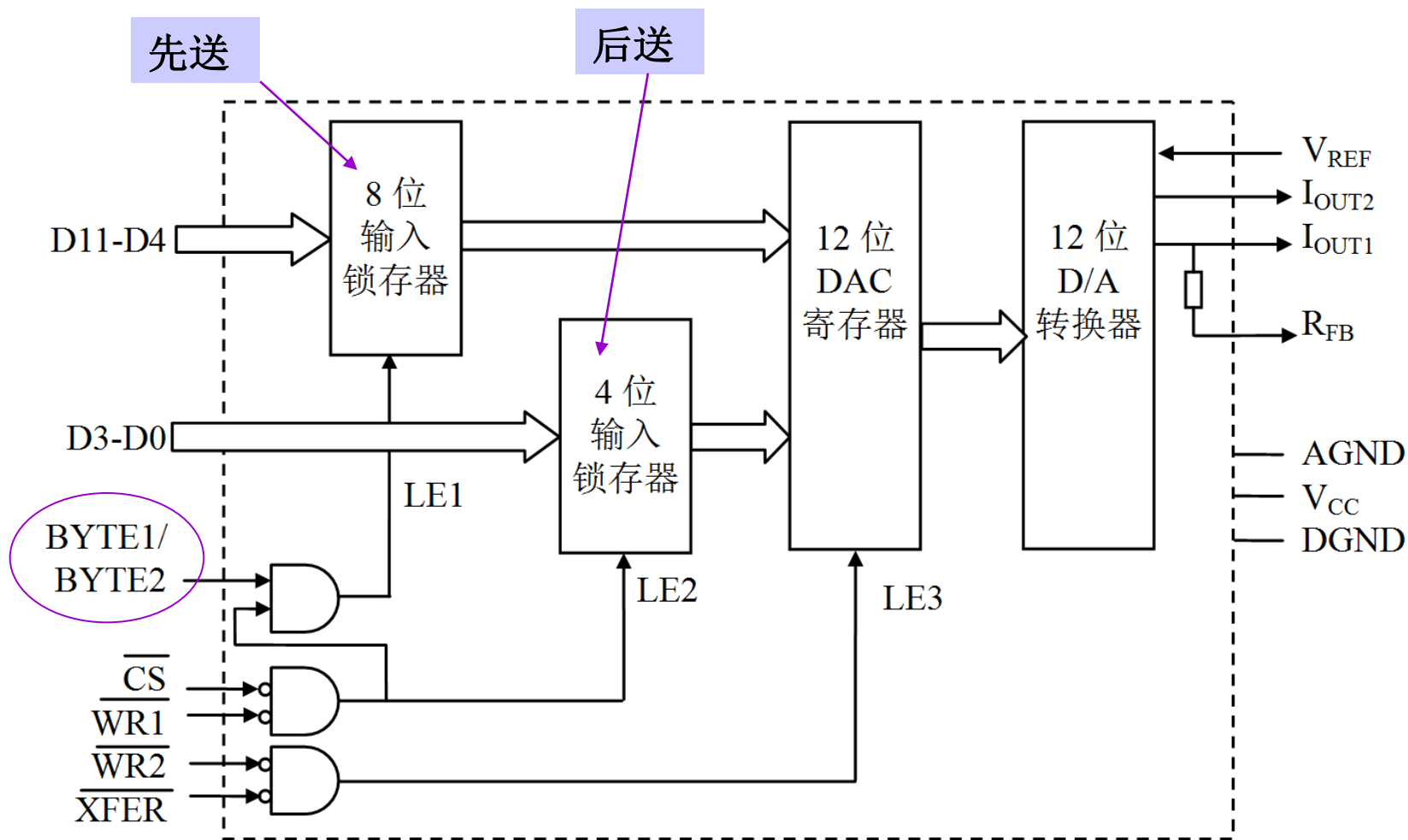
```
CALL D1ms
```

```
LOOP A1
```

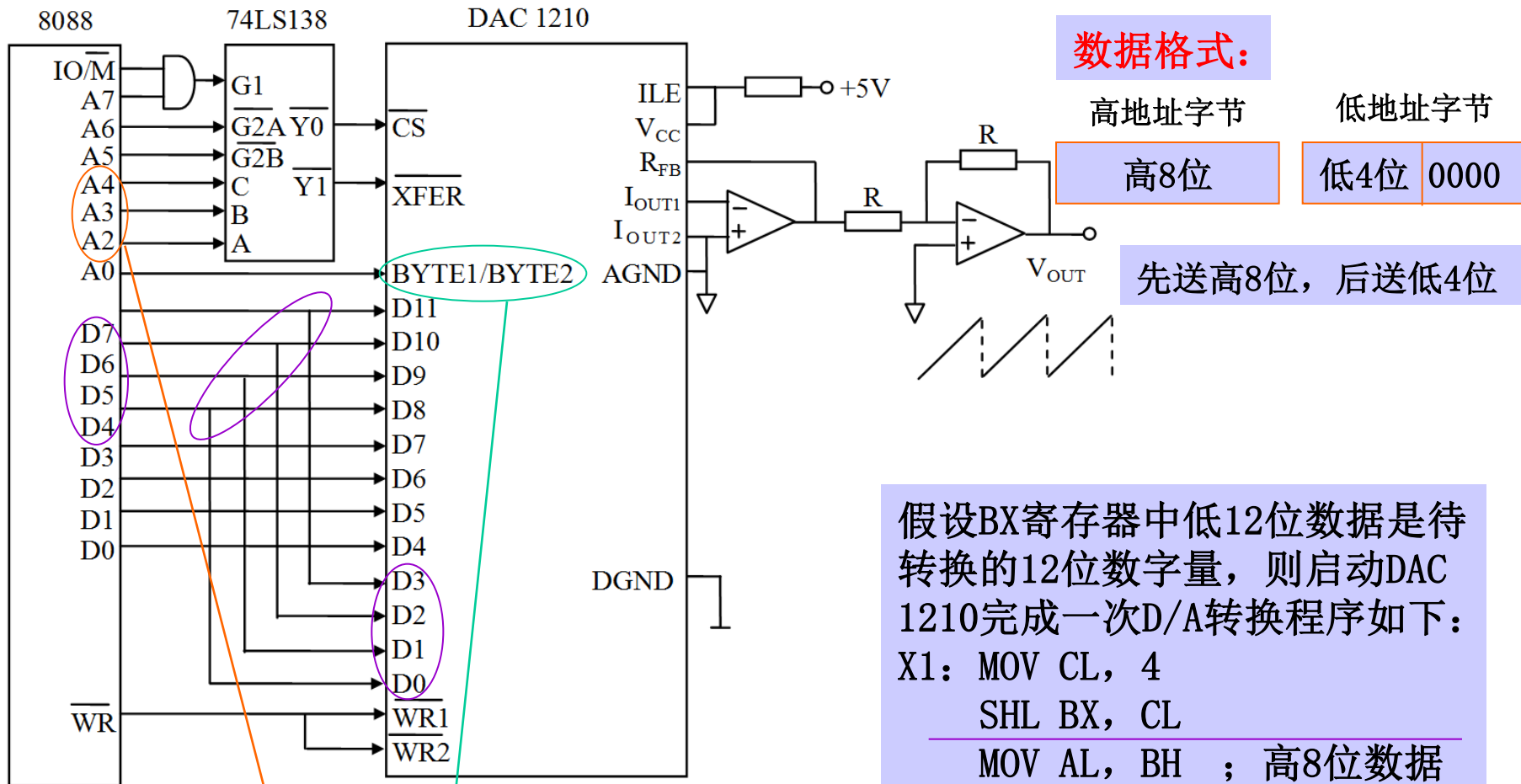
8.2.4 12 位 D/A 转换器 DAC1210

- **DAC1210 主要特性:**
- 12位分辨率
- 电流型输出
- 外接参考电压 $-10V \sim +10V$
- 可采用双缓冲、单缓冲或直接输入三种工作方式
- 单电源 $+5V \sim +15V$
- 电流建立时间 $1\mu s$
- R-2R T型解码网络
- 线性误差 $0.05\%FS$ (FS为满量程)
- 数字输入与TTL兼容

DAC 1210的内部构造



DAC1210 的典型连接



假设BX寄存器中低12位数据是待转换的12位数字量，则启动DAC 1210完成一次D/A转换程序如下：

```

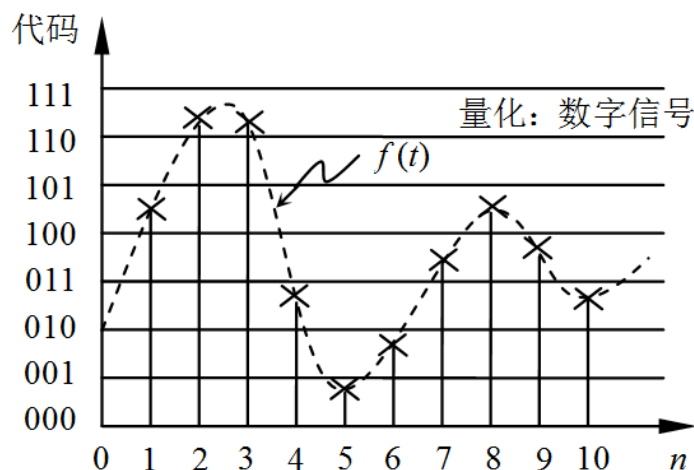
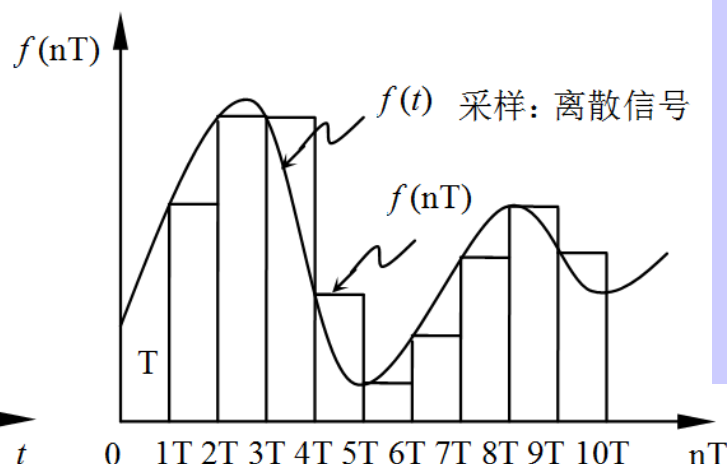
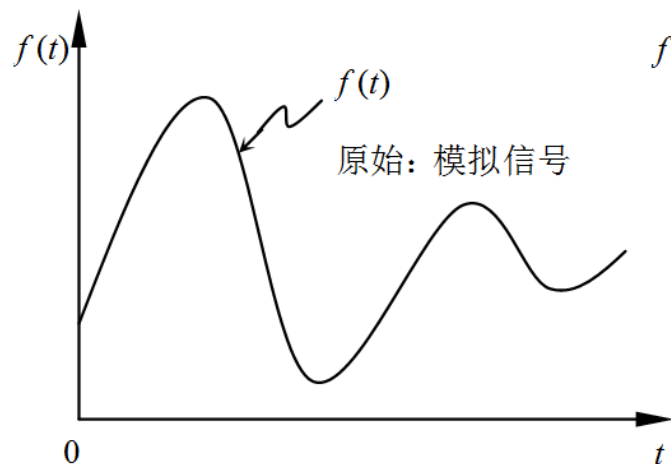
X1: MOV CL, 4
    SHL BX, CL
    MOV AL, BH ; 高8位数据
    OUT 81H, AL ; 送高8位
    MOV AL, BL ; 低4位数据
    OUT 80H, AL ; 送低4位
    OUT 84H, AL ; 送12位数据
    
```

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	端口地址	端口
1	0	0	0	0	0	×	0	80H	低4位
1	0	0	0	0	0	×	1	81H	高8位
1	0	0	0	0	1	×	×	84H	12位传送

8.3 A/D 转换

- 8.3.1 A/D 转换原理
- 常用A/D转换方法：计数式、逐次逼近式、双积分式。
- 计数式A/D转换器：最简单，但转换速度很低。
- 逐次逼近式A/D转换器：速度较高，比较简单，价格适中，各种指标比较适中，是微型机应用系统中最常用的外围接口电路。
- 双积分式A/D转换器：精度高，抗干扰能力强，但速度低，一般应用在要求精度高而速度不高的场合，例如仪器仪表等。

1. A/D 转换的基本过程



条件

$f(t)$: 模拟信号
 $f(nT)$: 离散信号
000~111: A/D 转换后的数字信号
 T : 采样周期
 t : 采样时间
 n : 采样次数

公式

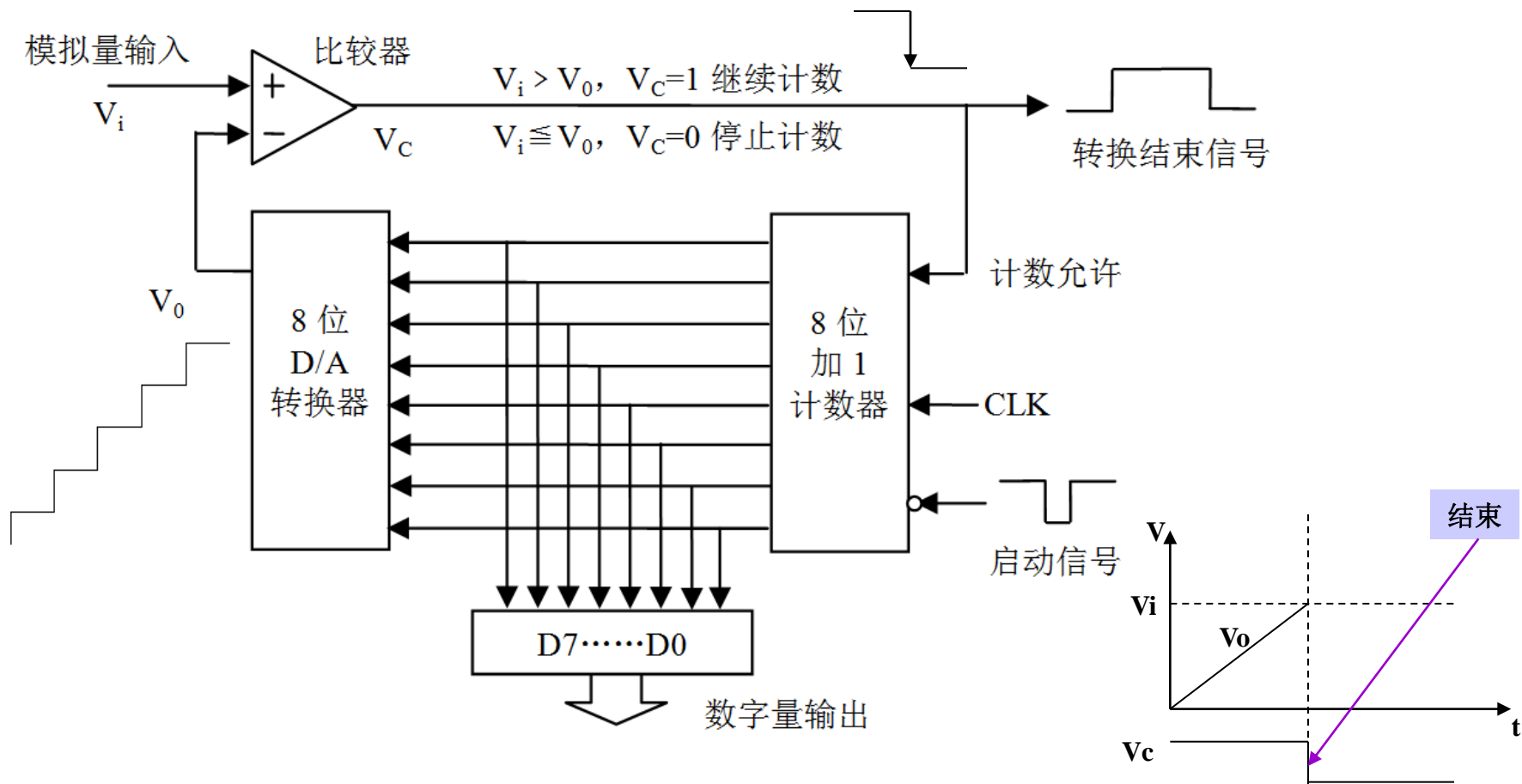
采样与量化是A/D转换的基本过程。

采样是将模拟量变换为离散量，一般包括采样与保持两个步骤。

量化是将离散量变换成数字量，一般包括量化与编码两个步骤。

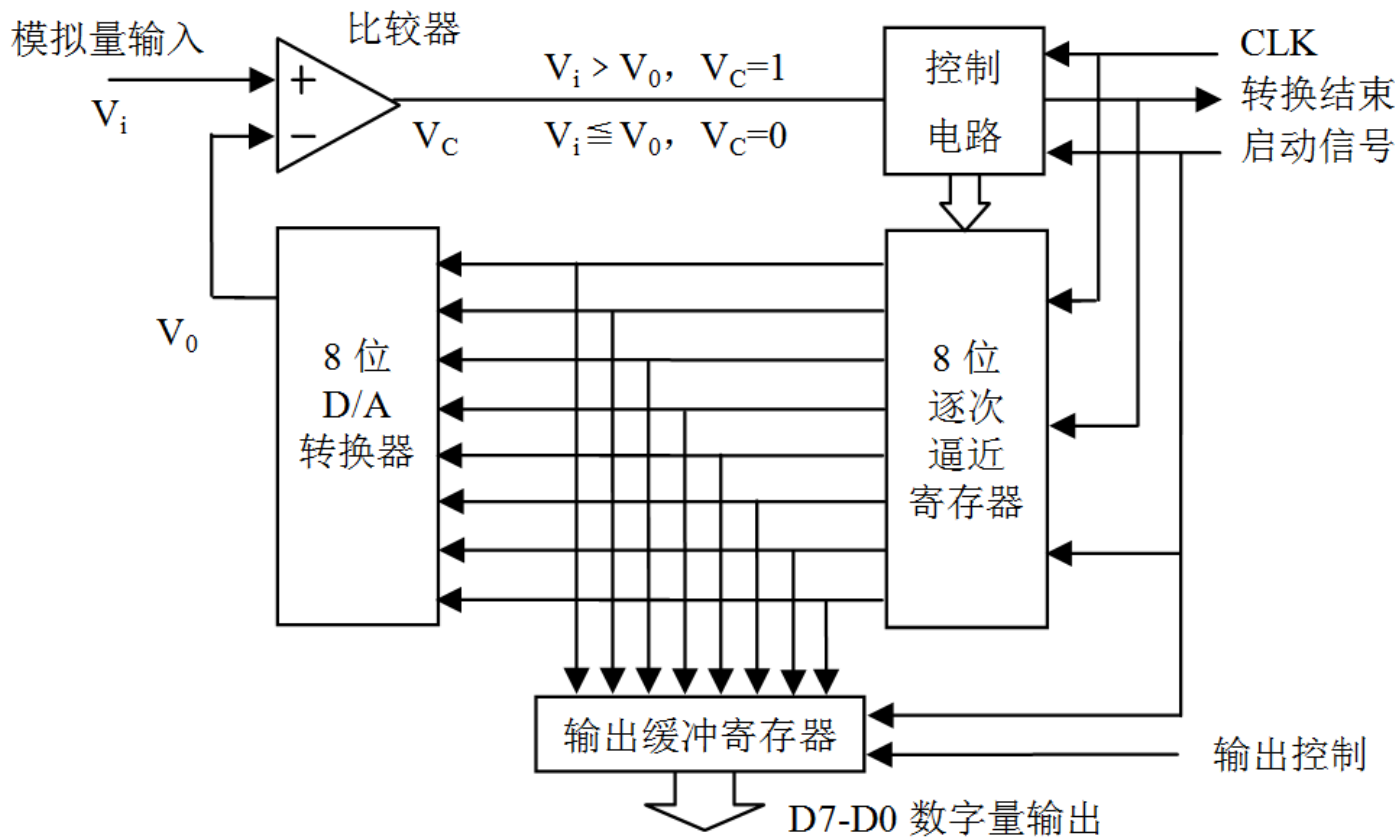
采样定理: 对于一个有限频谱 ($\omega < +\omega_{\max}$) 的连续信号进行采样，当采样频率 $f \geq 2f_{\max}$ 时 (f_{\max} 是输入模拟信号的最高频率)，则采样输出信号能无失真地恢复到原来的连续信号。

2. 计数式 A/D 转换原理



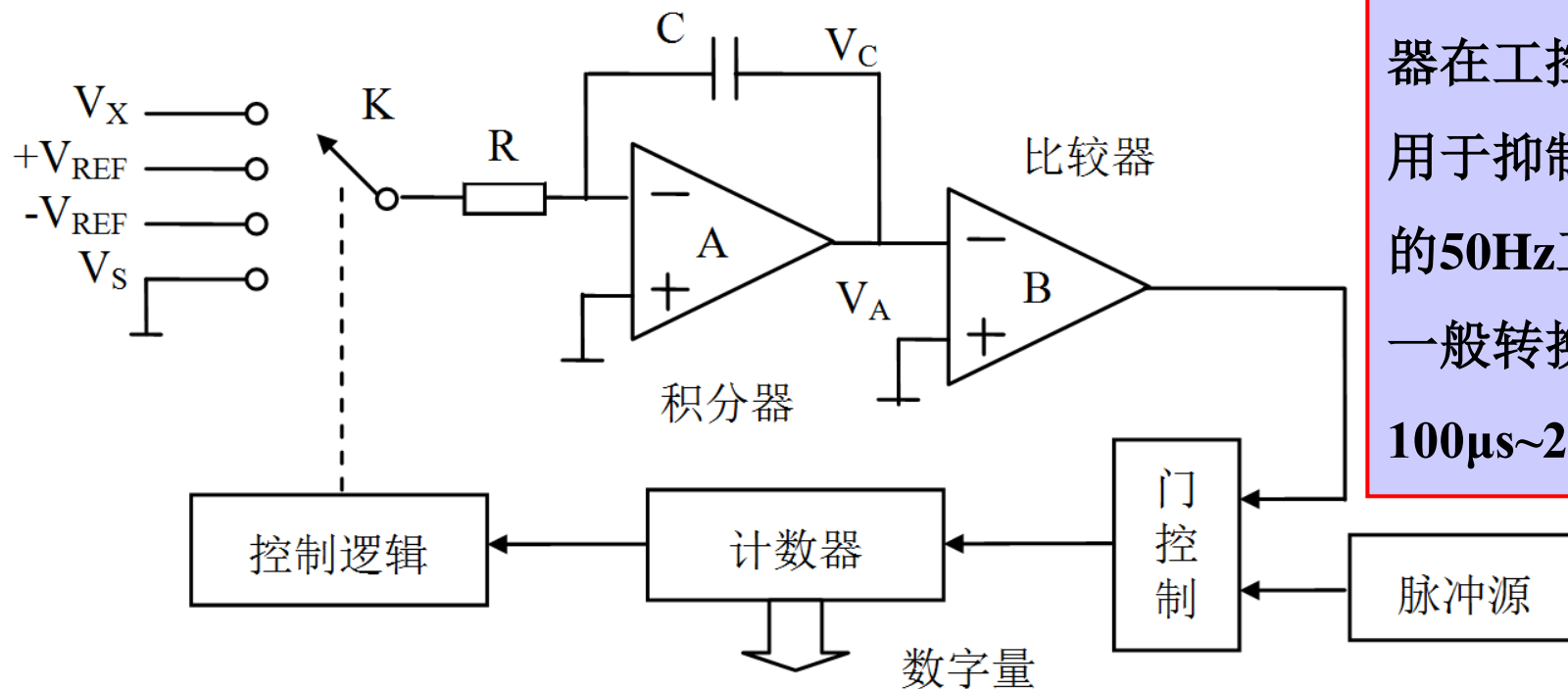
原理：被测电压和一个均匀增长的斜坡电压不断地作比较，直到二者相等时，比较过程结束，并输出一个代表被测电压值的二进制数值。

3. 逐次逼近式 A/D 转换



原理: 将被测电压和由D/A转换生成的电压进行比较，但这里D/A转换生成的电压不是线性增长去接近被测电压，而是用对分搜索的方法来逐次逼近被测电压。

4. 双积分式 A/D 转换



双积分式A/D转换器在工控环境中用于抑制信号中的50Hz工频干扰，一般转换周期在100 μ s~20ms之间。

原理：将一段时间内的模拟电压通过两次积分，转换成与模拟电压成正比的时间间隔，然后利用时钟脉冲和计数器测出此段时间间隔，所得到的计数结果就是输入电压对应的数字值。

8.3.2 A/D 转换器的主要技术指标

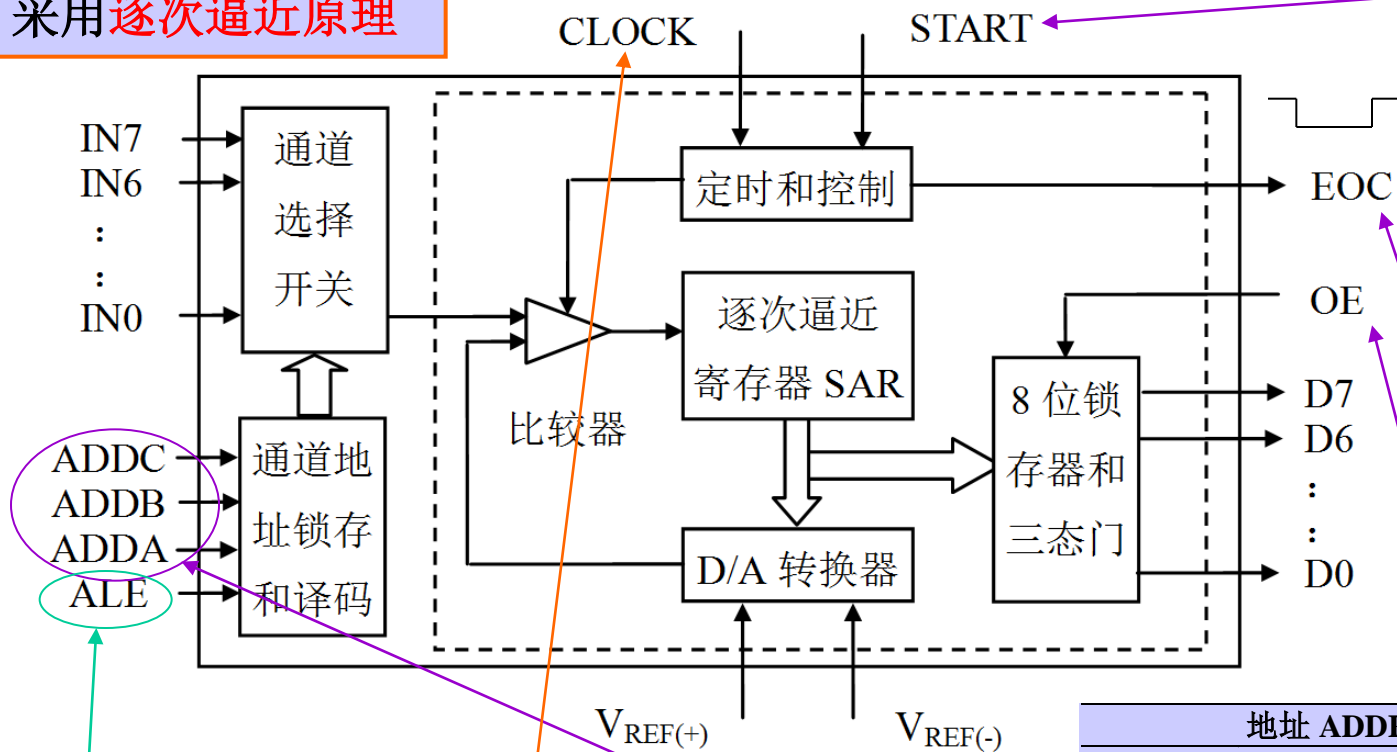
- **分辨率**：表明了能够分辨最小的量化信号的能力。它是输出数字量变化一个相邻数码所需输入模拟电压的变化量，即数字输出的最低有效位（LSB）所对应的模拟输入电平值。
- **转换时间**：指ADC完成一次转换所需的时间，即从启动信号开始到转换结束并得到稳定的数字输出量所需的时间。通常为微秒级。一般约定，转换时间大于1ms的为低速，1ms~1μs的为中速，小于1μs的为高速，小于1ns的为超高速。转换时间的倒数称为转换速率。例如ADC 0809的转换时间为100μs，则转换速率为每秒1万次。
- **量程**：指ADC所能转换的输入电压范围。

8.3.3 8 位 A/D 转换器 ADC0809

- 1. ADC 0809主要特性
- 8位分辨率，无漏码
- 电压输入0~+5V
- 转换时间100 μ s（640KHz条件）
- 时钟频率100KHz~1280KHz，标准时钟为640KHz
- 单一电源+5V
- 8路单端模拟量输入通道
- 参考电压+5V
- 总的不可调误差 ± 1 LSB
- 温度范围-40 $^{\circ}$ C~+85 $^{\circ}$ C，功耗低15mW
- 不需进行零点调整和满量程调整
- 可锁存的三态输出，输出与TTL电路兼容

2. ADC 0809内部结构

采用逐次逼近原理



START: 启动信号, 正脉冲有效

EOC: 转换结束信号, 输出。低电平时表明0809已准备开始转换, 或正在转换进行之中, 不能提供一个有效数据。

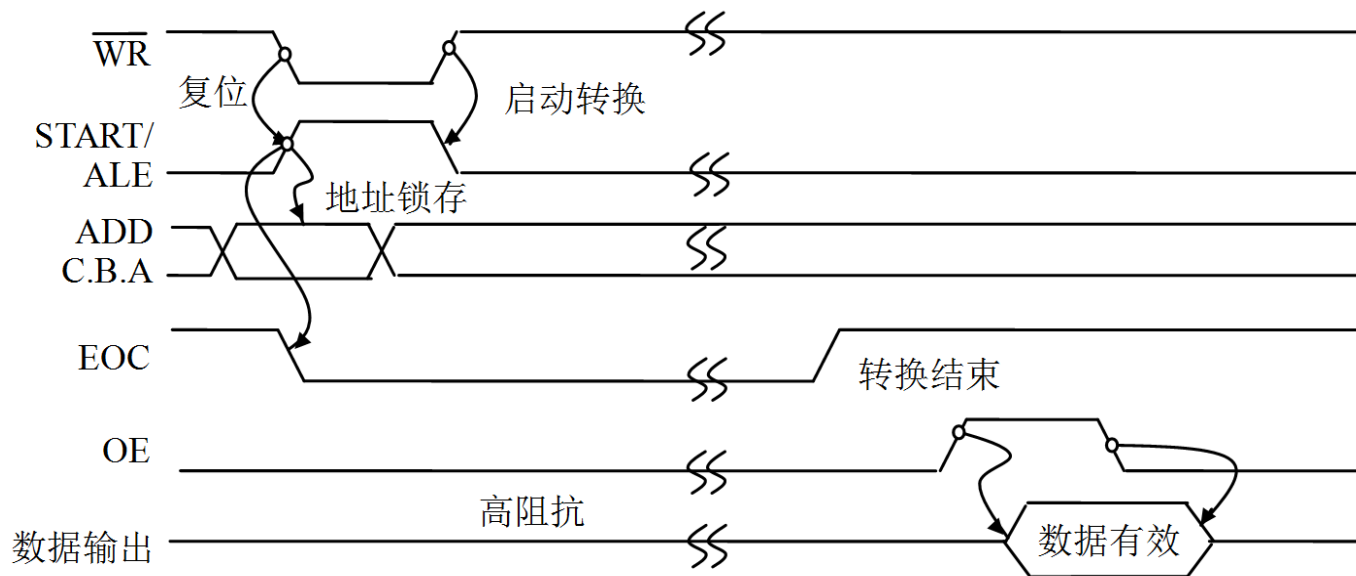
OE: 输出允许, 输入线。

ALE: 地址锁存允许, 在ALE的上升沿, ADDC、ADDB、ADDA三位地址信号被锁存到地址锁存器。

CLOCK: 时钟信号, 输入。频率范围是100KHz~1280KHz, 标准时钟640KHz, 此时转换时间为100μs。

地址 ADDR			模拟量 输入通道
ADDC	ADDB	ADDA	
0	0	0	IN0
0	0	1	IN1
0	1	0	IN2
0	1	1	IN3
1	0	0	IN4
1	0	1	IN5
1	1	0	IN6
1	1	1	IN7

3. ADC0809 引脚功能及工作时序



4. ADC 0809与CPU的接口方法

- A/D转换器与CPU的数据传送控制方式通常有3种：
等待方式，查询方式，中断方式
- 1) 等待方式
- 等待方式：在向A/D转换器发出启动指令后，进行软件延时（等待），此延时时间取决于A/D转换器完成A/D转换所需要的时间（如ADC 0809在640KHz时为100 μ s），经过延时后才可读入A/D转换数据。
- 在这种方式中，有时为了确保转换完成，不得不把延时时间适当延长，因此，比查询方式转换速度慢，但对硬件接口要求较低，可视系统CPU紧张程度选用。

图 8.3.7 ADC0809 与 8088 微处理器之间的等待方式连接

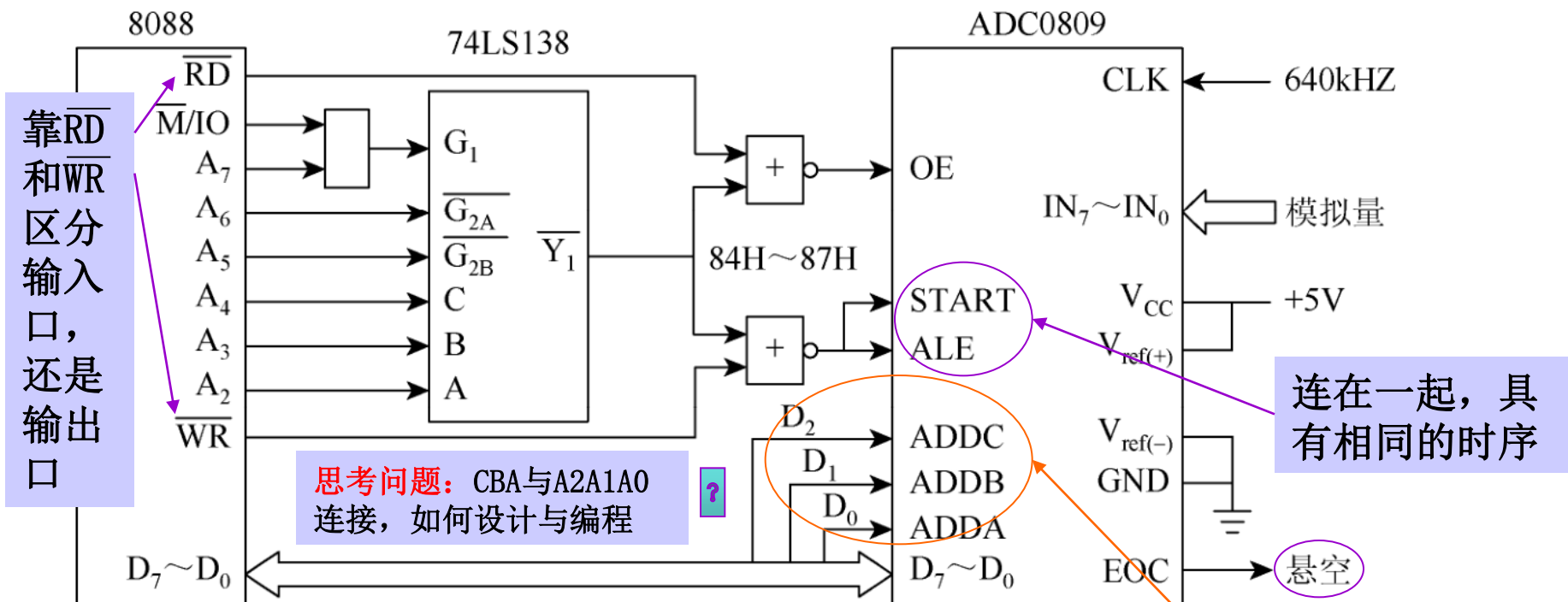


图 8.3.7 ADC0809 与 8088 微处理器之间的等待方式连接

采集通道IN0的数据：

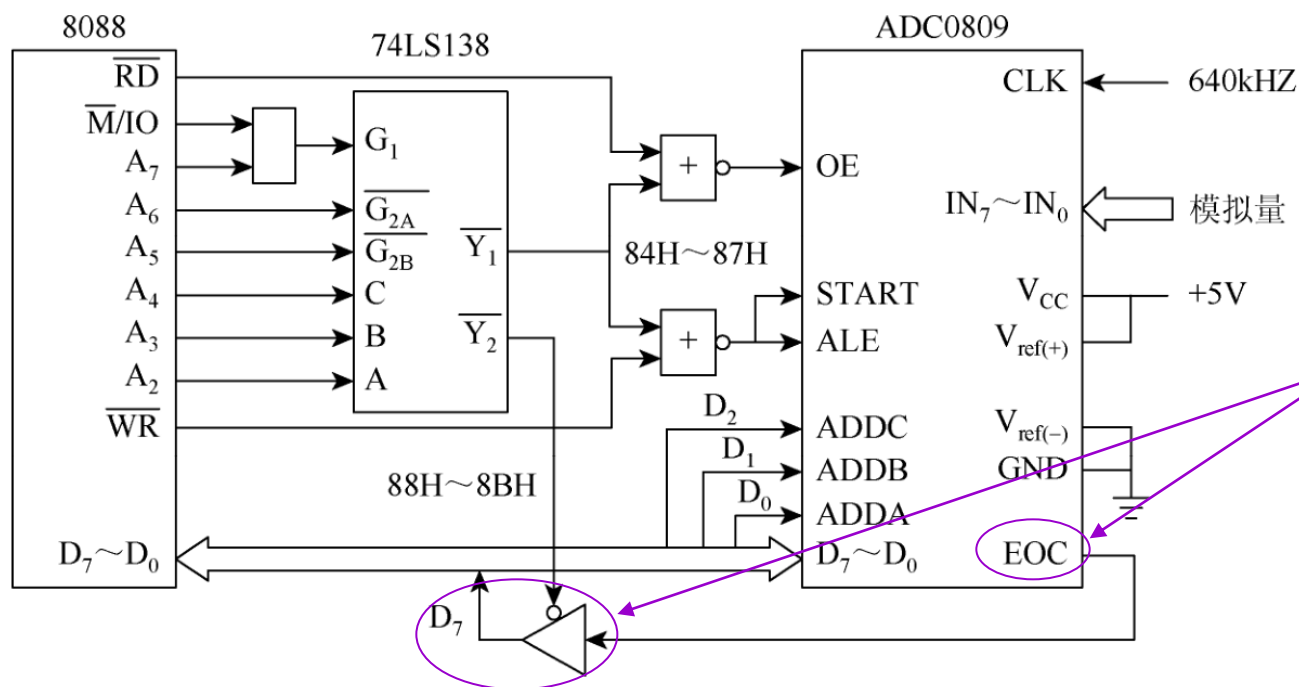
```

MOV    AL, 00H    ; 设置通道号0
OUT     84H, AL    ; 启动0通道进行A/D转换
CALL    DELAY100   ; 延时100μs，等待A/D转换结束
IN      AL, 84H    ; 转换结束，读入A/D转换结果
    
```

CBA连到数据线，所以要通过传送数据选择通道

2) 查询方式

- 查询方式：**就是先选通模拟量输入通道，发出启动A/D转换的信号，然后用程序查看EOC状态，若EOC=1，则表示A/D转换已结束，可以读入数据；若EOC=0，则说明A/D转换器正在转换过程中，应继续查询，直到EOC=1为止。



缓冲器作为输入端口，查询EOC状态，EOC=0说明A/D转换器正在转换过程中，应继续查询，直到EOC=1为止。

图 8.3.8 ADC0809 与 8088 微处理器之间的查询方式连接

例 8.3.2 ADC0809 查询方式接口设计

DATA SEGMENT

COUNT DB 00H

; 采样次数

NUMBER DB 00H

; 通道号

ADCBUF DB 8 DUP(?)

; 采样数据缓冲区

数据段定义

DATA ENDS

ADCC EQU 84H

; A/D控制口地址

ADCS EQU 88H

; A/D状态口地址

符号定义

CODE SEGMENT

ASSUME CS:CODE, DS:DATA

代码段定义
赋值DS

START: MOV AX, DATA

MOV DS, AX

MOV BX, OFFSET ADCBUF ; 设置A/D缓冲区

MOV CL, COUNT ; 设置采样次数

设置循环参数

MOV DL, NUMBER ; 设置通道号

A1: MOV AL, DL

OUT ADCC, AL

; 启动ADC 0809相应通道

启动A/D

程序设计

A2:	IN	AL, ADCS	; 读取状态口	查询状态, 等待
	TEST	AL, 80H	; 析取EOC	A/D转换的开始
	JNZ	A2	; EOC≠0, ADC 0809未开始转换, 等待	
A3:	IN	AL, ADCS		查询状态, 等待
	TEST	AL, 80H		A/D转换的结束
	JZ	A3	; EOC≠1, ADC 0809未转换完成, 等待	
	IN	AL, ADCC	; 读数据	数据处理
	MOV	[BX], AL		
	INC	BX	; 指向下一个数据缓冲单元	
	INC	DL	; 指向下一个通道	
	INC	CL	; 采样次数加1	修改循环参数
	CMP	CL, 08H		
	JNZ	A1		
	MOV	AX, 4C00H		
	INT	21H		
CODE	ENDS			
	END	START		

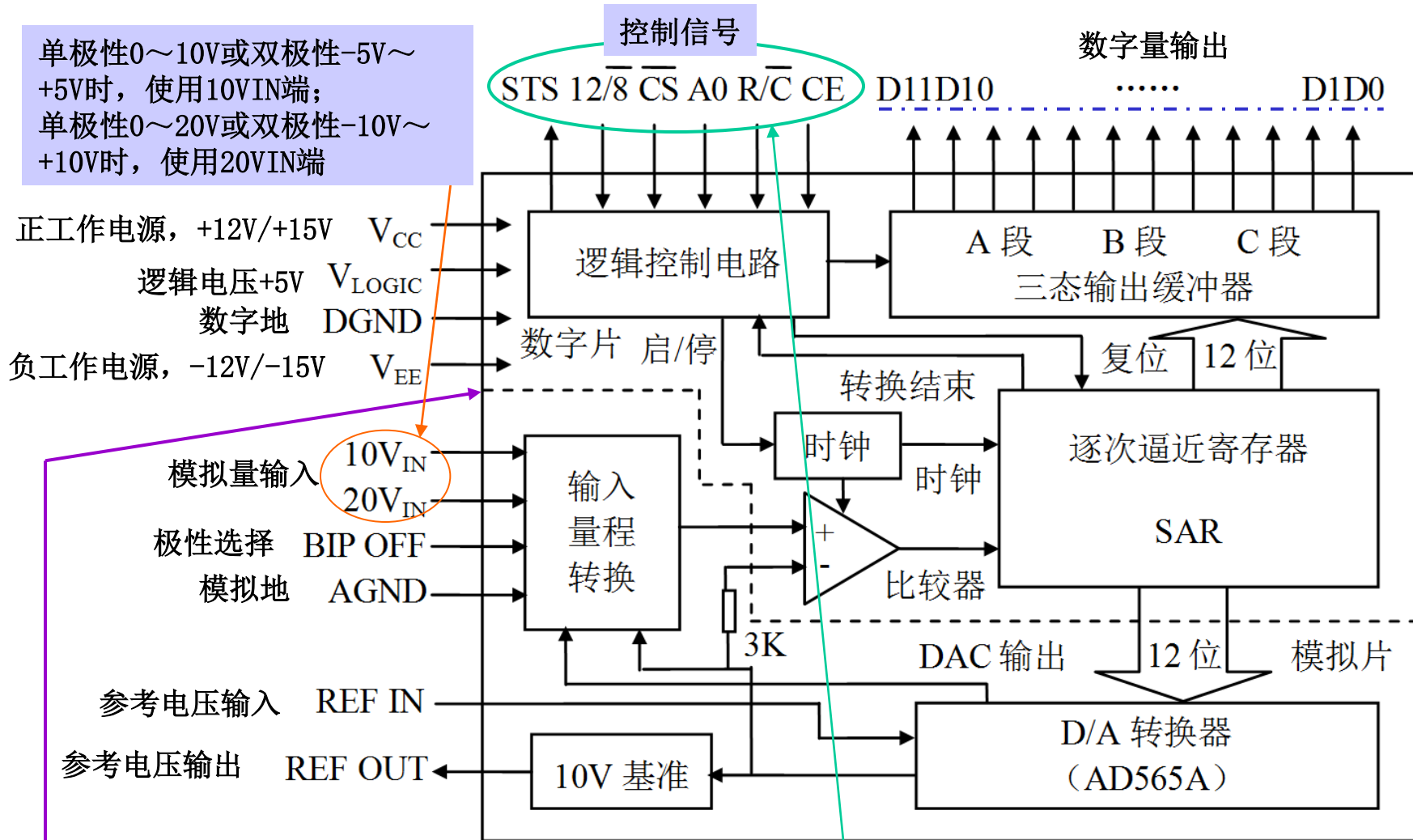
3) 中断方式

- **中断方式：** 在这种方式中，CPU启动A/D转换后，即可转而处理其它事情。一旦A/D转换结束，则由A/D转换器发出转换结束信号。
- 中断方式不需花费等待时间，但若中断后，保护现场、恢复现场等一系列操作过于繁琐，所占用的时间和A/D转换的时间相当，则中断方式就失去了它的优越性。

8.3.4 12 位 A/D 转换器 AD574

- AD574型快速12位逐次逼近式A/D转换器是美国AD公司产品，是一种内部由双极型电路组成的28脚双列直插式标准封装的集成A/D转换器，该转换器集成度高，并因其功能完善和性能优异而被广泛采用。
- **AD574主要特性：**
- 12位分辨率
- 转换时间25 μ s（12位）、16 μ s（8位）
- 单通道模拟电压输入，无漏码
- 采用逐次逼近式原理
- 单极性电压输入0~10V、0~20V
- 双极性电压输入 ± 5 V、 ± 10 V
- 芯片内部具有稳定为10.00V ± 0.1 V（max）的参考电压，片内具有输出三态缓冲器

AD574内部结构



上面是数字部分
下面是模拟部分

STS状态输出， 12/8数据输出格式选择， CS片选
A0转换数据长度选择， $\text{R}/\overline{\text{C}}$ 读出/转换， CE使能

AD574内部结构

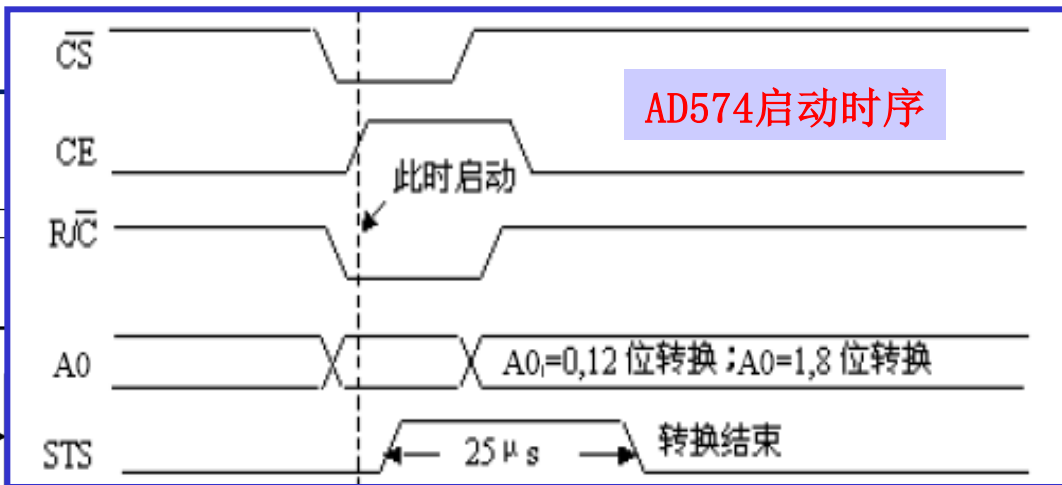
状态输出:

STS=1表示AD574正在转换

STS=0表示转换完成

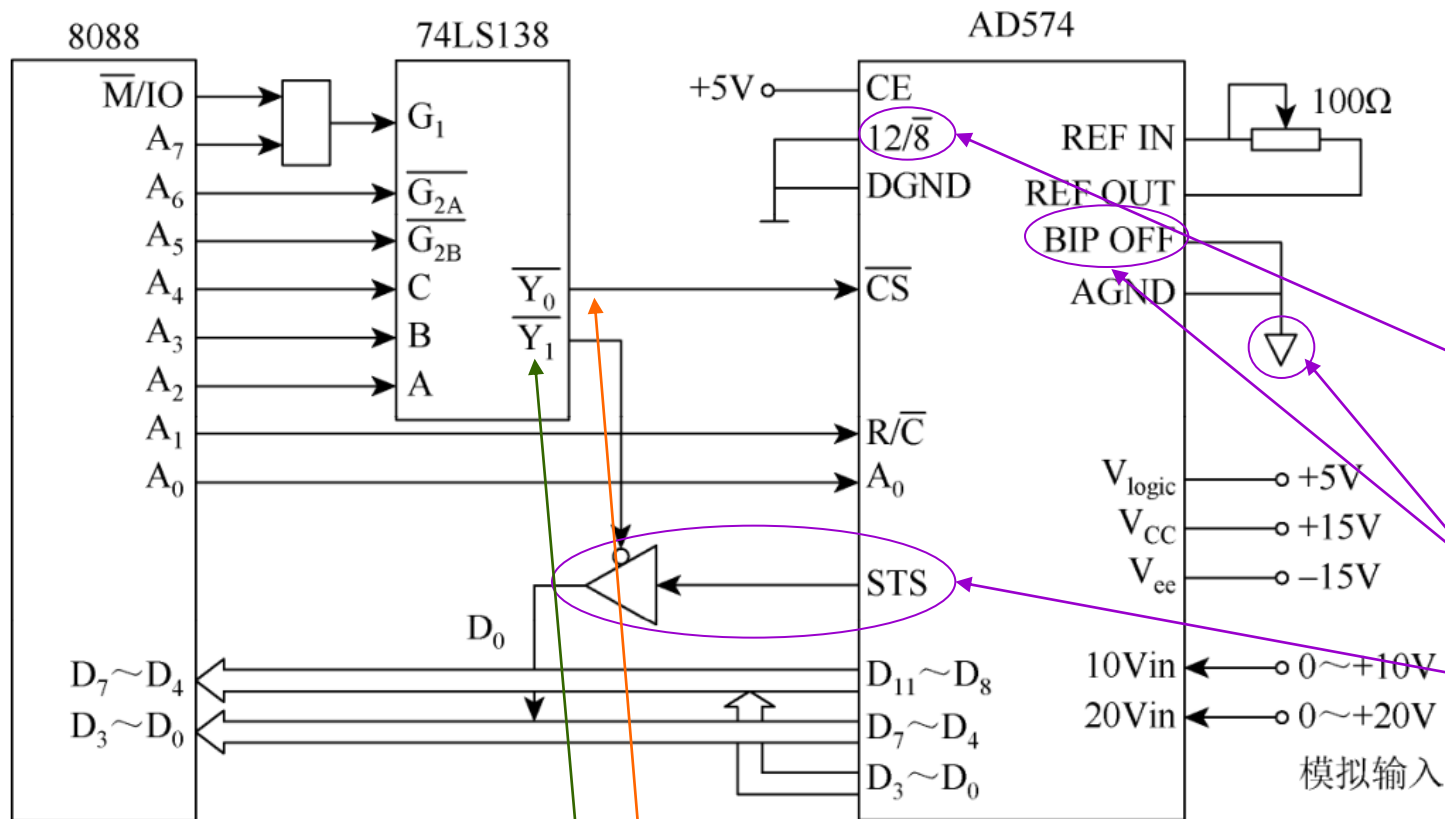
STS 12/8 \overline{CS} A0 R/ \overline{C} CE

电路



CE	\overline{CS}	R/ \overline{C}	12/8	A0	操作
0	×	×	×	×	禁止
×	1	×	×	×	禁止
1	0	0	×	0	12 位转换
1	0	0	×	1	8 位转换
1	0	1	接+5V	×	输出数据格式为并行 12 位
1	0	1	接地	0	输出数据为高 8 位, 屏蔽低 4 位
1	0	1	接地	1	输出数据为低 4 位, 中 4 位输出全为“0”, 屏蔽高 8 位

例 8.3.3 利用 AD574 进行 12 位 A/D 数据采集



每次输出8位数据

接地，单极性

查询STS状态

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1 ($\overline{R/C}$)	A0 (A0)	功能说明	端口地址
1	0	0	0	0	0	0	0	启动 A/D12 位转换	80H
1	0	0	0	0	0	0	1	启动 A/D8 位转换	81H
1	0	0	0	0	0	1	0	读高 8 位转换结果	82H
1	0	0	0	0	0	1	1	读低 4 位转换结果	83H
1	0	0	0	0	1	×	×	读状态 STS	84H-87H

程序设计

STA: MOV AX, 2000H
 MOV DS, AX
 MOV DI, 1000H
 MOV CX, 100

要求：连续采样100次，转换结果依次存入2000H:1000H开始的内存单元

； 段地址、偏移地址
； 采样次数

参数设置

A1: OUT 80H, AL
 NOP

； 启动12位转换
； 同步

启动

A2: IN AL, 84H
 TEST AL, 01H
 JNZ A2
 IN AL, 82H
 MOV AH, AL
 IN AL, 83H
 MOV [DI], AX
 ADD DI, 2
 LOOP A1

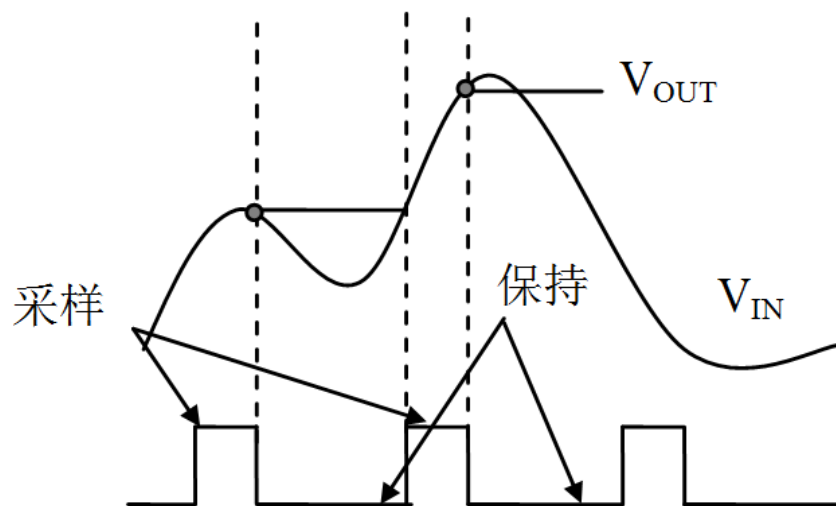
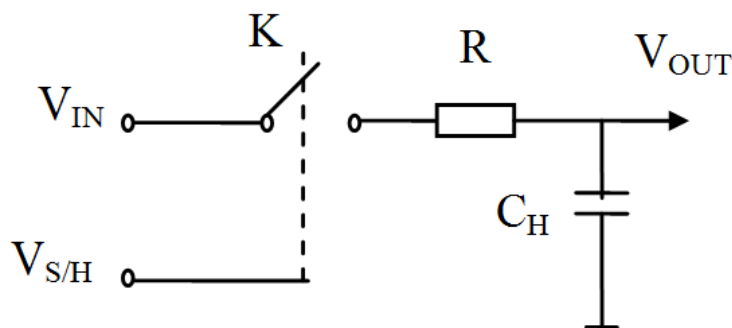
； 读状态STS
； STS=0（AD574转换完成）？
； 不为0，正在转换，继续查询
； 读高8位
； 读低4位
； 存12位数据
； 下一个字地址

转换状态判断STS=0结束

读数据，先高8，后低4

8.4 采样保持器

- 在对模拟信号进行采集与处理时，尽管A/D转换电路的速度很快，但是进行一次转换总需要一定的时间，在这一段时间内，要求被测信号保持不变，这就需要对被测信号进行采样和保持工作。
- 当转换快速变化的模拟信号时，采样保持器能够有效地减小孔径误差。
- 1. 采样保持原理**
- 由控制信号来控制采样工作或保持工作。



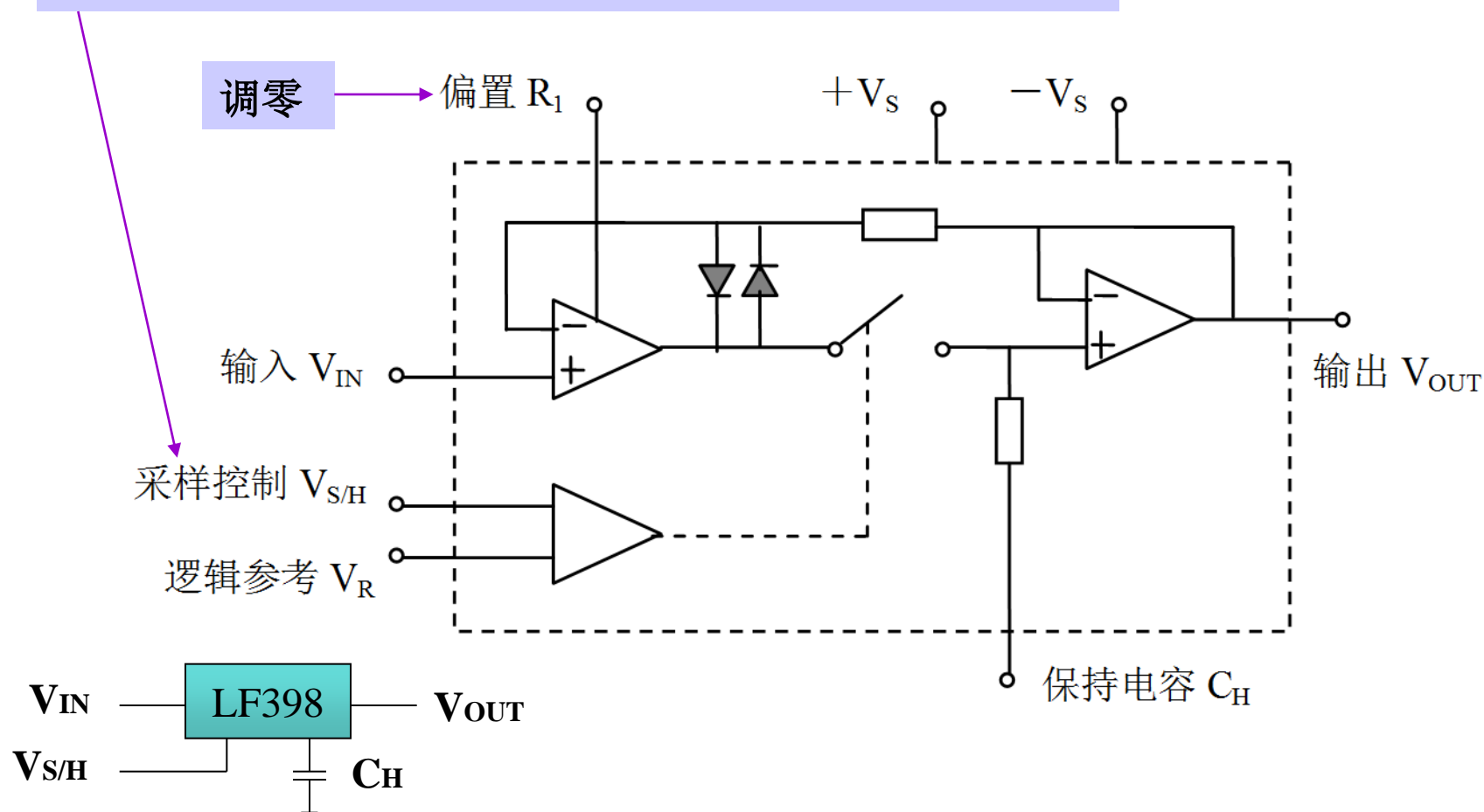
2. 采样保持器的主要性能指标

- **采集时间**：从采样开始到输出稳定所需要的时间。一般以采样保持器输出跟踪一个跳变10V的输入模拟电压时，从采样开始到输出电压与输入电压相差0.01%所需要的时间定义为采集时间。
- **直流偏移**：采样保持器输入端接地时，输出端电压的大小。
- **转换速率**：输出电压变化的最大速率，以伏/秒为单位。
- **孔径时间**：保持命令发出后直到开关完全断开所需要的时间称孔径时间。即进入保持控制后，实际的保持点会滞后真正要求保持的点一段时间，一般是毫微秒级。
- **下跌率（衰减率）**：在保持阶段电容的放电速度，以伏/秒表示，这是由于开关的漏电流及保持电容的其它泄漏通路造成的。一般保持电容的选择应折衷地考虑采集时间和下跌率。

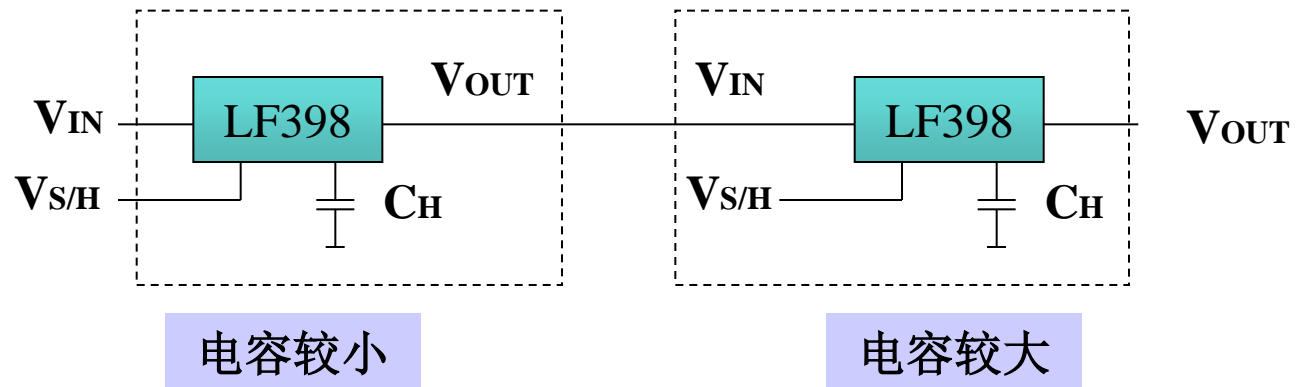
3. LF398采样保持器

当 $V_{S/H}=1$ 时，LF398处于**采样**阶段， V_{OUT} 跟随 V_{IN} 的变化

当 $V_{S/H}=0$ 时， V_{OUT} **保持** $V_{S/H}$ 变化时的 V_{OUT} 状态



4. 采样保持器的级联



结 束