

# 模拟与数字电子技术复习

## 2021.12（仅供参考）

# 考 试

## 时 间

**第18周 周二（2022年1月4日）**

**下午：16:00 ~ 18:00**

# 答疑



## 时间和安排

- 线上答疑：周一晚上7：30-9：00

腾讯会议：820-492-159

- 线下答疑：周二（2022年1月4日）

上午：9:00 ~ 11:30

地点：机电215

# 考试要求



- 先做简单的，不会的放在最后考虑
- 写出详细步骤，按步骤给分
- 最后的计算结果一定要给出单位
- 带计算器
- 独立完成，不要为难其他同学

M1

半导体二极管和晶体管

M2

基本放大电路及其它

M3

集成运算放大器及应用

M4

放大电路中的反馈

M5

直流电源

## 模拟电子技术

核心：放大（晶体管）  
+ 集成运放应用电路

学会从工程的角度看问题！

# 半导体二极管和晶体管

教学重点： 半导体器件的外部特性

## ●二极管：

单向导电性

电路分析：先判断二极管何时导通、截止，再分情况具体讨论。

多个二极管：压差最大者优先导通，并钳位

## ●稳压管(特殊的二极管)：

工作在反向击穿区

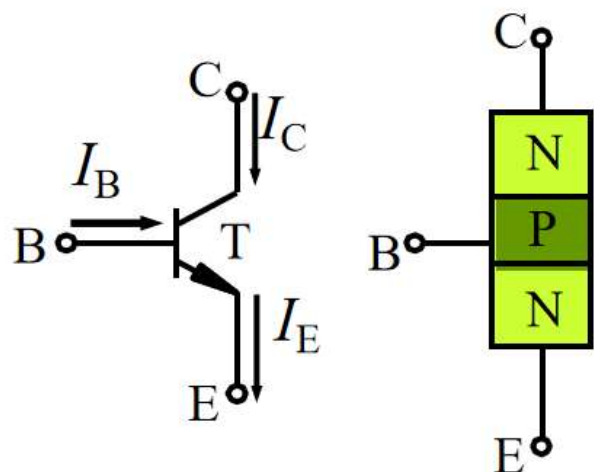
限流电阻、稳压值



## ●晶体管

类型：NPN、PNP

材料：硅、锗



## 晶体管输入、输出特性曲线

放大区：

e 结正偏，c 结反偏。  $I_C = \beta I_B$

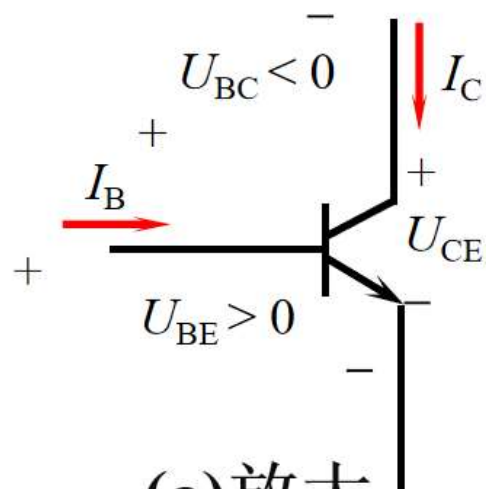
饱和区：

e、c 结正偏。  $\beta I_B \geq I_C$

截止区：

e 结反偏或零偏。  $I_B = 0$

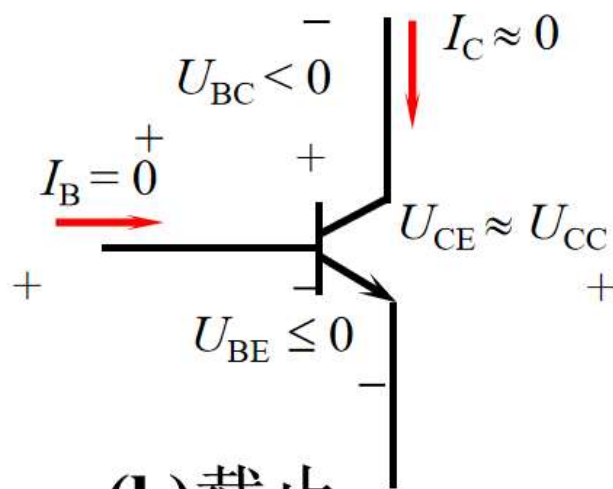
## 晶体管的三种工作状态



(a)放大

模拟电路

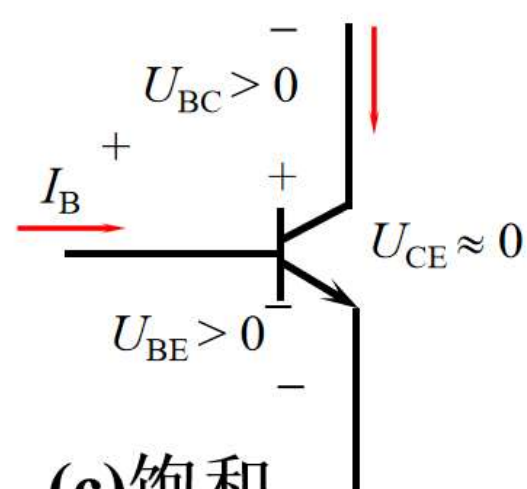
放大状态



(b)截止

数字电路

开关状态!



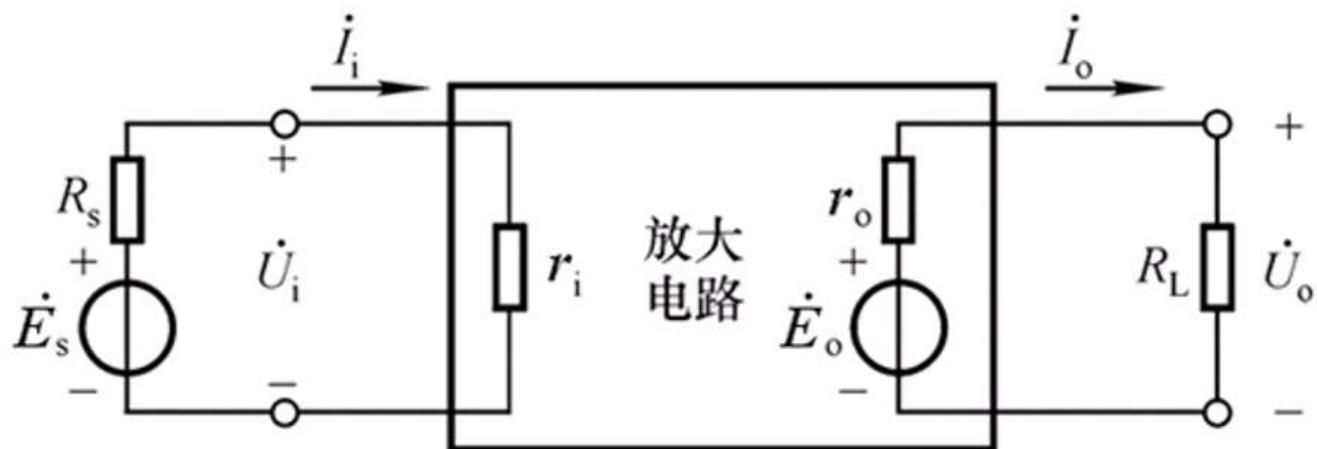
(c)饱和



# 基本放大电路

教学重点：放大电路的分析方法

## ●放大电路示意图：



## ● 放大电路分析方法

**静态：**由直流通路求  $I_{BQ}$ 、 $I_{CQ}$ 、 $U_{CEQ}$

**动态：**由交流通路得微变等效电路求  $A_u$ 、 $r_i$ 、 $r_o$

直流通路画法：C开路

交流通路画法：C短路， $U_{CC}$ 为交流地

## ●共射放大电路

类型：固定偏置、分压式偏置放大电路

特点：  $A_u < 0$ ，输入和输出电压波形反相！

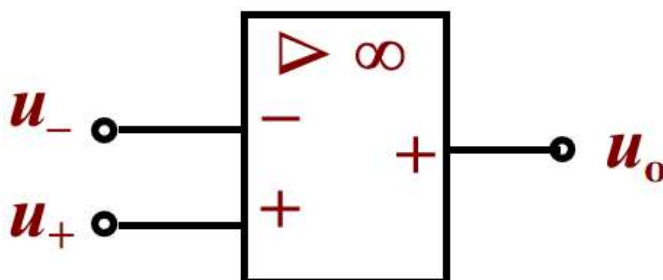
电压放大倍数较高

## ●射极输出器（共集放大电路）

特点：  $A_u \approx 1$ ，输入和输出电压波形同相。不具有电压放大能力，具有电流放大能力！

$r_i$  高、 $r_o$  很低

# 集成运算放大器及应用



教学重点：能够熟练运用虚短和虚断进行电路分析

- 线性区（虚短+虚断）：信号运算
- 非线性区（虚断）：电压比较器

## ● 运算电路

1. 特点：负反馈，工作在线性区

2. 分析依据：

虚短： $U_+ = U_-$ ；

虚断： $I_+ = I_- = 0$

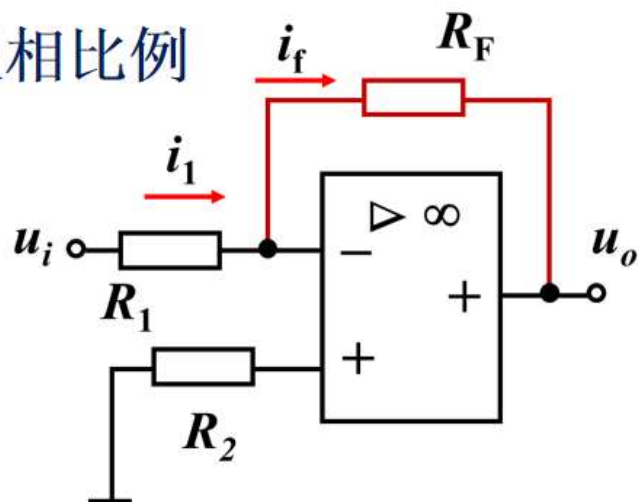
3. 类型：

比例 -- 反相，同相

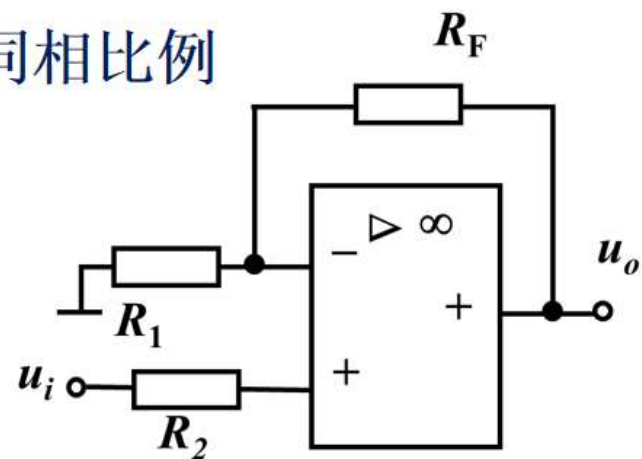
求和—反相，同相

加减运算，积分运算（定性）

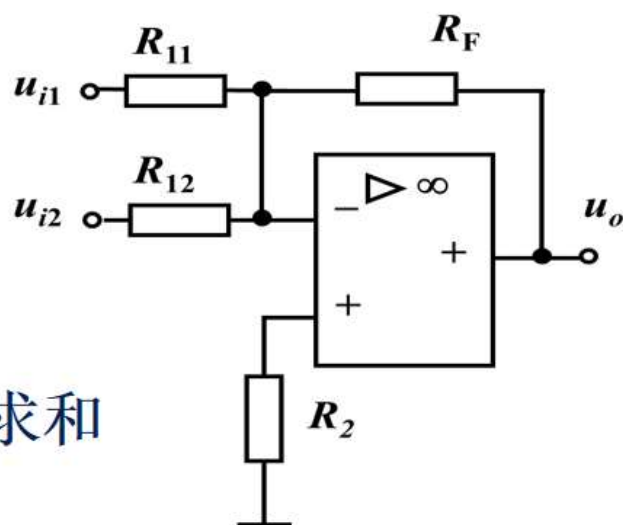
反相比例



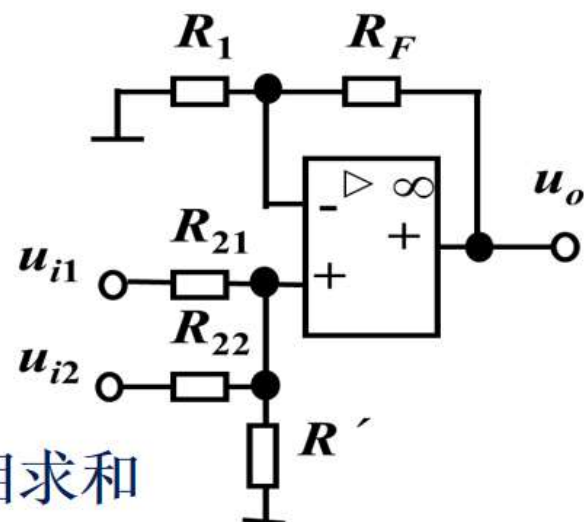
同相比例



反相求和

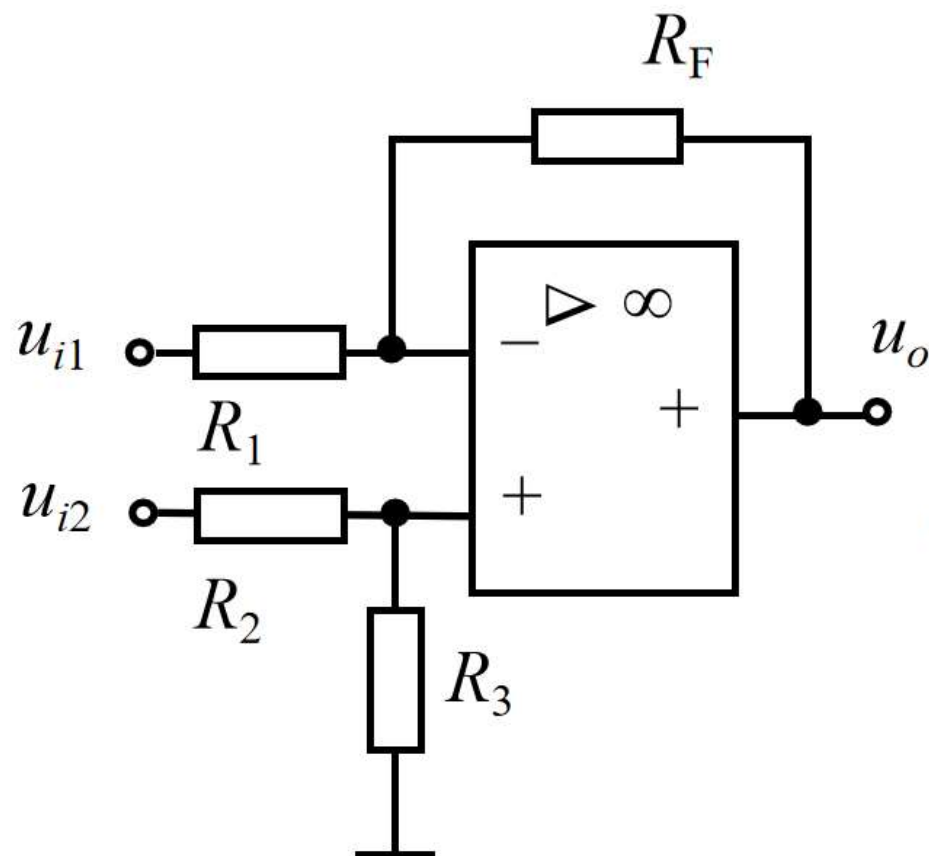


同相求和





## 差分运算电路（对称）



$R_1 = R_2$  和  $R_3 = R_F$  时

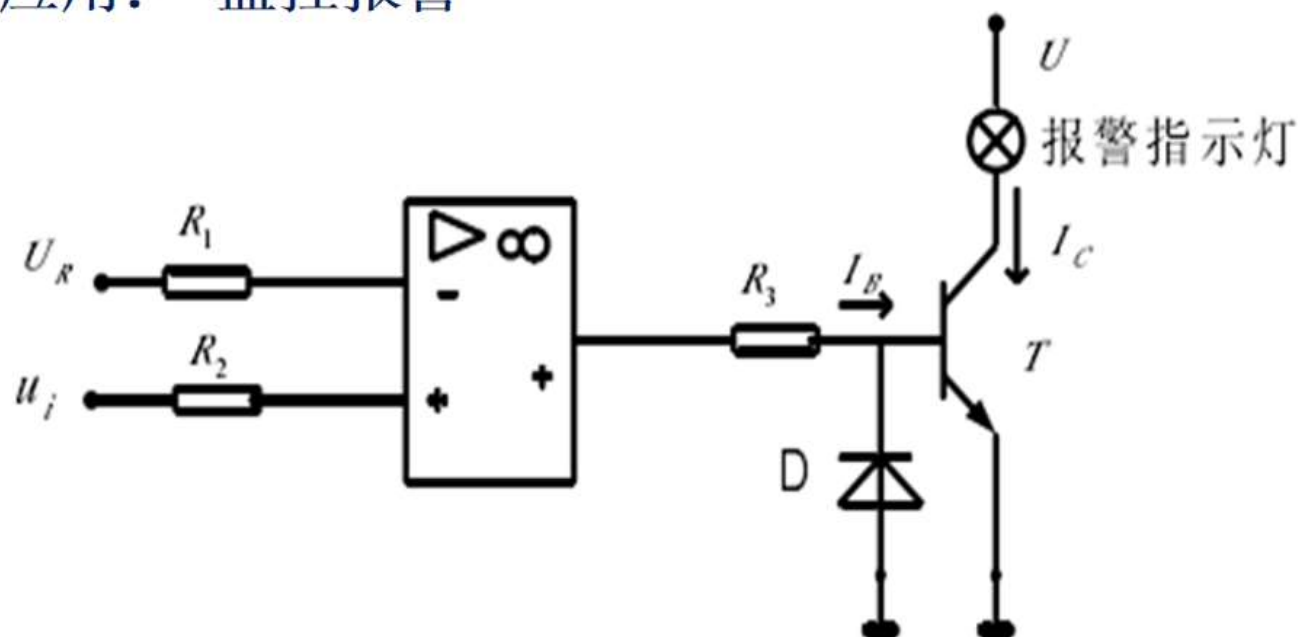
$$u_o = \frac{R_F}{R_1} (u_{i2} - u_{i1})$$

## ● 电压比较器

特点：运放开环， $U_o = \pm U_{omax}$

类型：同相输入、反相输入

应用： 监控报警



## ●交流负反馈的类型(组态)

从输出端的采样方式来看: 电压反馈、电流反馈

从反馈信号在输入端的叠加方式来看: 串联反馈、并联反馈

## ●交流负反馈对放大电路性能的影响

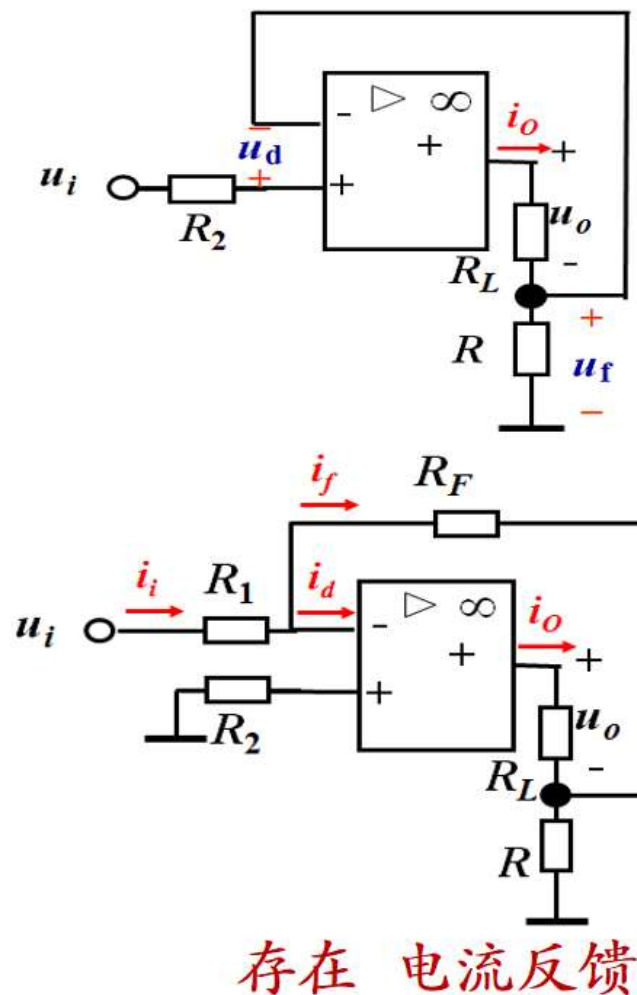
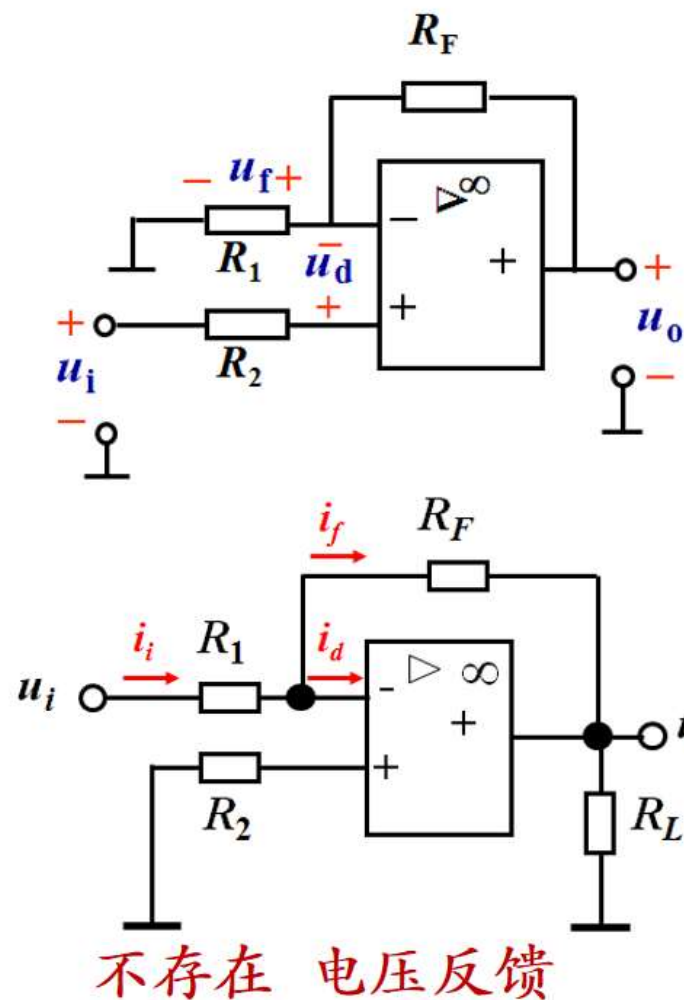
降低A; 提高A稳定性; 改善波形失真, 改变 $r_i$ 、 $r_o$ ;

	串联电压	串联电流	并联电压	并联电流
$r_i$	增大	增大	减小	减小
$r_o$	减小	增大	减小	增大

## 电压、电流反馈判断技巧：

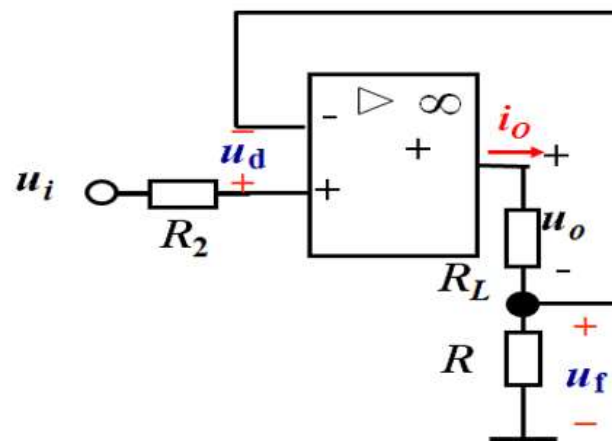
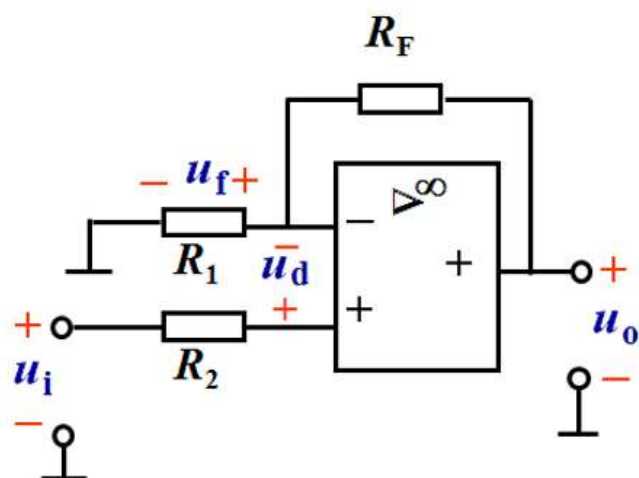
看输出端！

令负载 $R_L$ 两端电压为0，看反馈是否仍然存在？



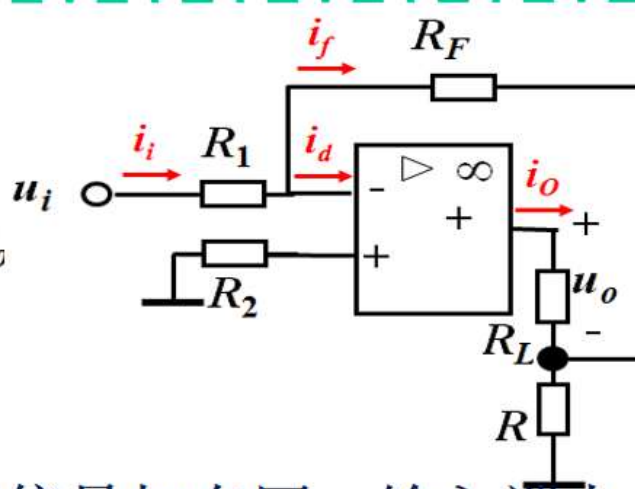
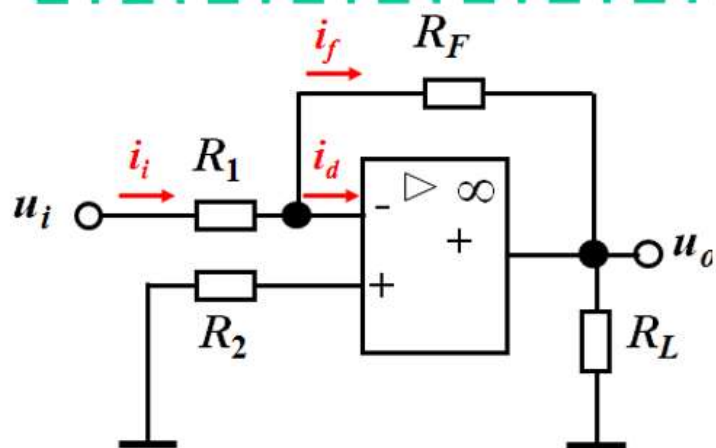
## 串联、并联反馈判断:

看输入端!



串联反馈

输入信号、反馈信号分别加在两输入端上



并联反馈

输入信号、反馈信号加在同一输入端上

## ● 正弦波振荡电路

振荡电路构成：放大电路、正反馈网络、  
选频网络、稳幅环节。

等幅振荡条件： $\mathbf{AF=1}$

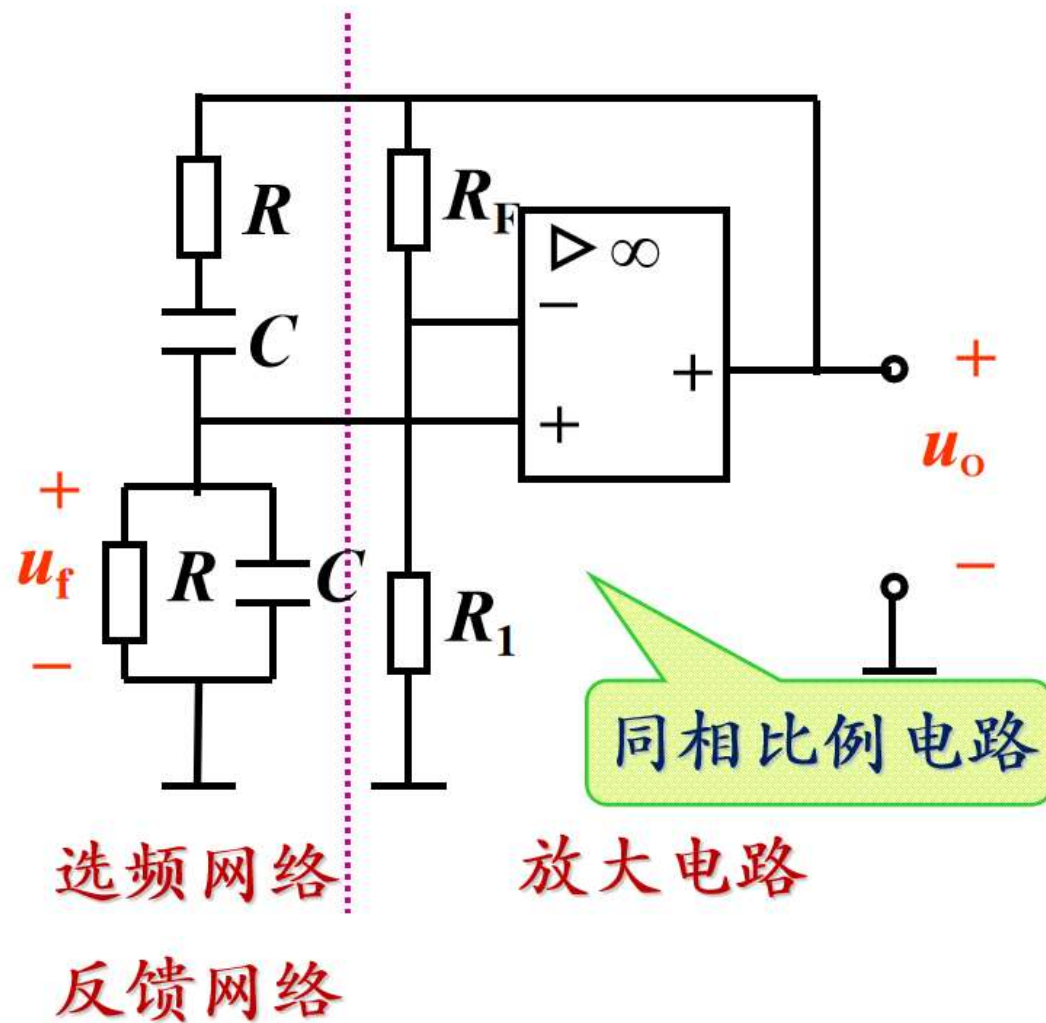
幅值条件  $|AF| = 1$

相位条件  $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$  正反馈

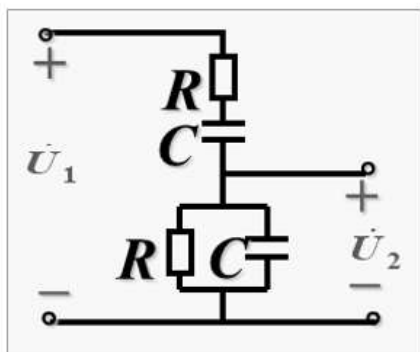
起振条件： $\mathbf{|AF| > 1}$



## RC振荡电路



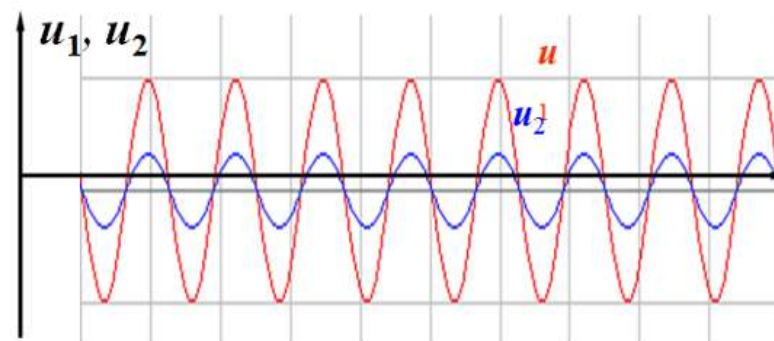
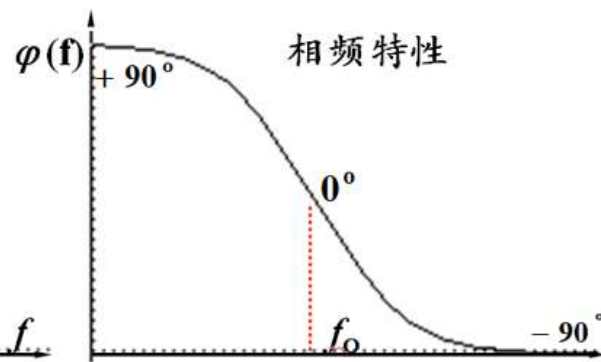
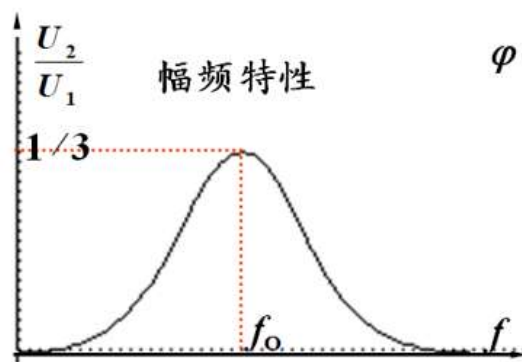
## RC串并联网络传输特性



$$F = \frac{1}{3 + j(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$$

$f = f_0$ 时  $F = \frac{1}{3}$  有最大值

$u_2$  与  $u_1$  同相



## 起振及稳定振荡的条件

起振条件  $|A_u F| > 1$  , 因为  $|F| = 1/3$  , 则

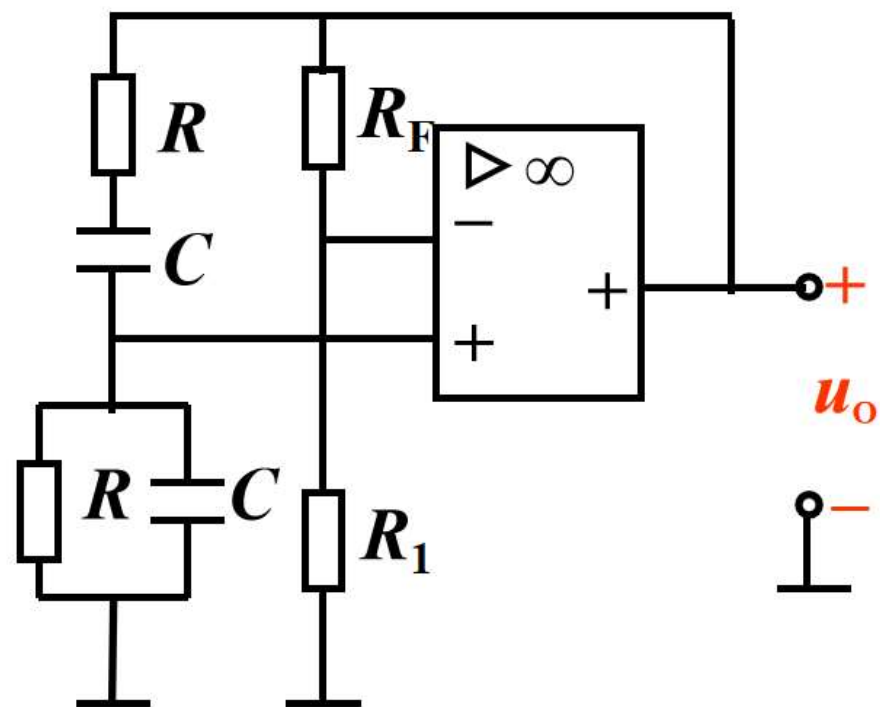
$$A_u = 1 + \frac{R_F}{R_1} > 3$$

要求  $R_F$  大于  $2R_1$

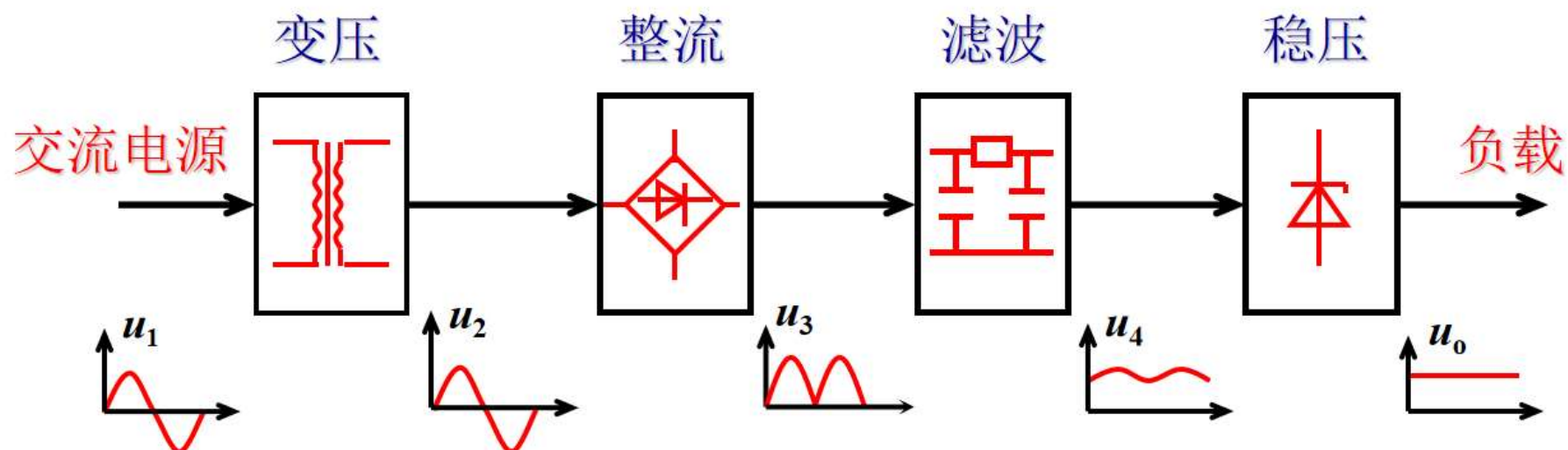
稳定振荡条件  $|A_u F| = 1$

$$A_u = 1 + \frac{R_F}{R_1} = 3$$

要求  $R_F$  等于  $2R_1$



# 9.1 直流电源的组成及作用



**电源变压器:** 将交流电网电压 $u_1$ 变为合适的交流电压 $u_2$ 。

**整流电路:** 将交流电压 $u_2$ 变为脉动的直流电压 $u_3$ 。

**滤波电路:** 将脉动直流电压 $u_3$ 转变为平滑的直流电压 $u_4$ 。

**稳压电路:** 清除电网波动及负载变化的影响, 保持输出电压 $u_0$ 的稳定。



# 数字电子技术

## 逻辑电路的分析和设计方法 常用数字芯片的使用

S1

数字基础和逻辑门

S2

逻辑代数和小规模组合逻辑

S3

中规模组合逻辑电路

S4

触发器及应用

S5

单稳无稳和555定时器

S6

时序逻辑分析和设计

S7

计数器芯片及应用

S8

移位寄存器及应用

S9

半导体存储和可编程逻辑

S10

模拟量和数字量的转换

组合逻辑电路

时序逻辑电路

# 数字基础和逻辑门

- 数制转换

- 逻辑电平

- 逻辑门

与、或、非、与非、或非、异或、同或门

- 逻辑门的电路特性

三态门、OC门, 集成门电路特性



## “与” 门 (AND)

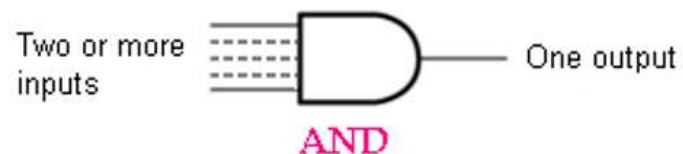
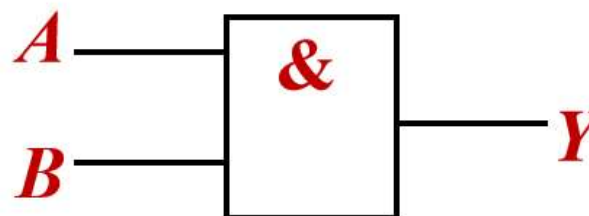
真值表

$A$	$B$	$Y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

有“0”出“0”  
全“1”出“1”

逻辑表达式  $Y = A \cdot B$

逻辑符号图



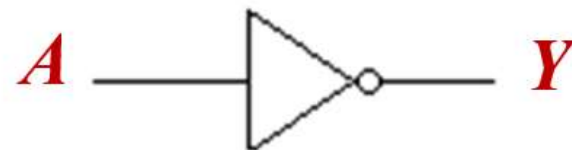
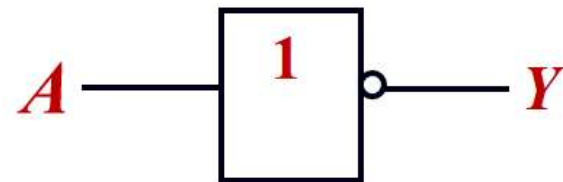
## “非” 门 (NOT)

真值表

$A$	$Y$
0	1
1	0

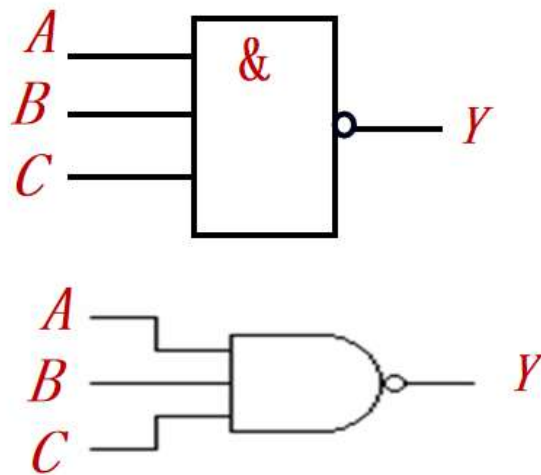
逻辑表达式  $Y = \bar{A}$

逻辑符号



## 与非门电路 (NAND)

逻辑符号



逻辑表达式

$$Y = \overline{ABC}$$

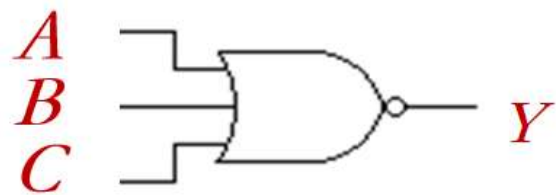
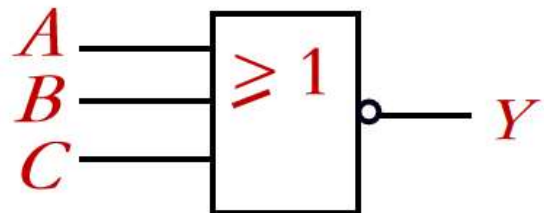
真值表

$A$	$B$	$C$	$Y$
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

有“0”出“1”  
全“1”出“0”

## 或非门电路 (NOR)

逻辑符号



逻辑表达式  $Y = \overline{A+B+C}$

真值表

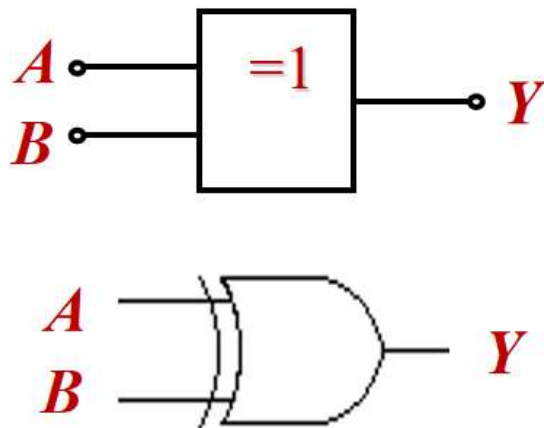
$A$	$B$	$C$	$Y$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

有“1”出“0”

全“0”出“1”

## 异或门 (XOR)

逻辑符号



逻辑表达式

$$\begin{aligned} Y &= A\bar{B} + \bar{A}B \\ &= A \oplus B \end{aligned}$$

真值表

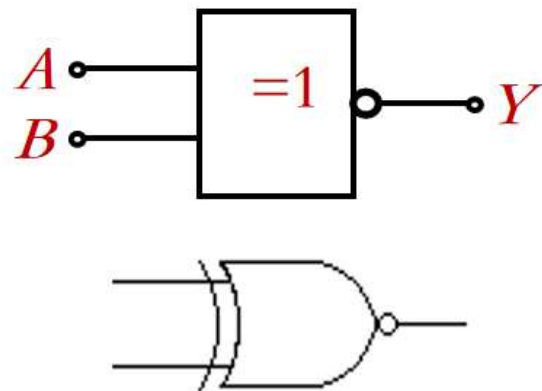
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Y</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

输入相同输出为“0”

输入相异输出为“1”

## 同或门 (XNOR)

逻辑符号



逻辑表达式

$$Y = \overline{A}\overline{B} + AB = \overline{A \oplus B}$$
$$= A \odot B$$

真值表

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Y</i>
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

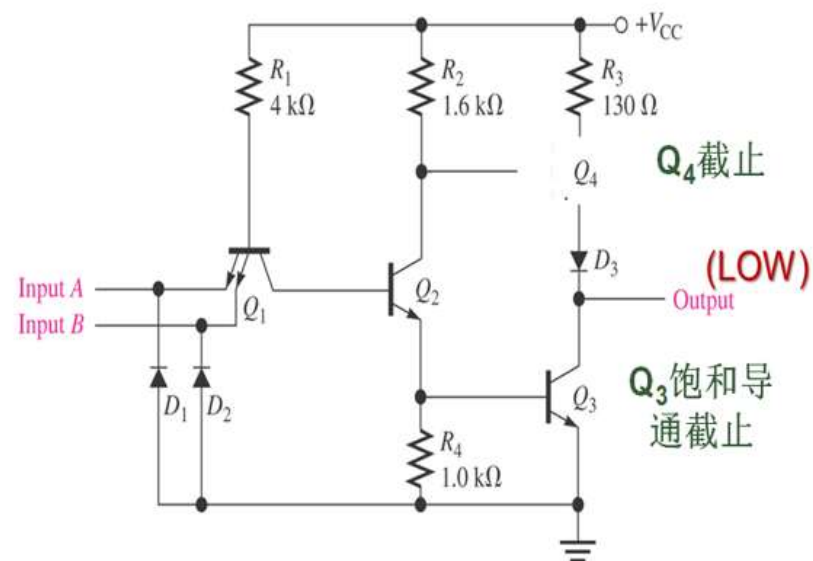
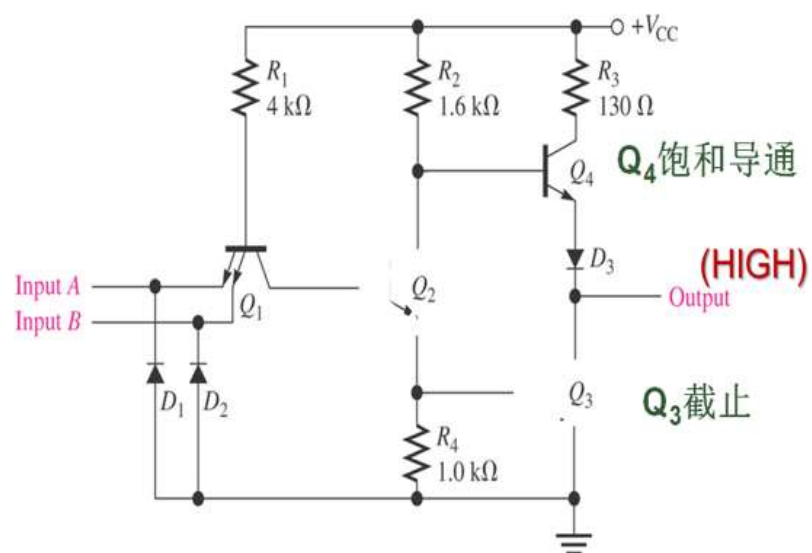
输入相同输出为 “1”

输入相异输出为 “0”

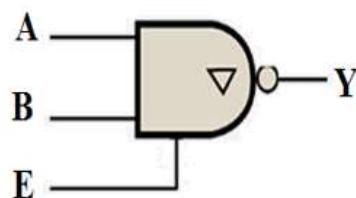
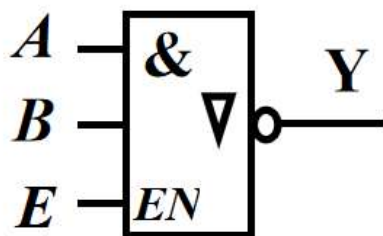


# 集成门电路特性

## 推拉式输出

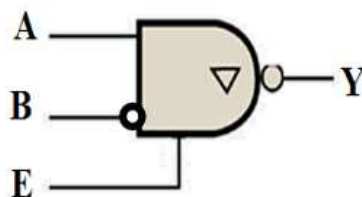
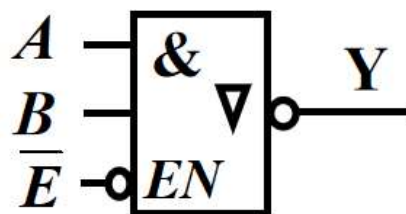


## 三态门



功能表

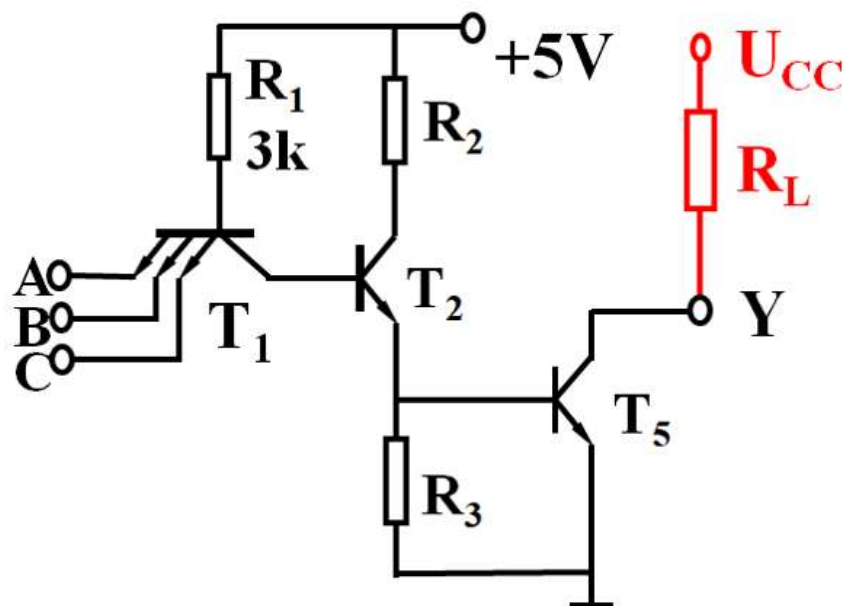
$E = 1$	$Y = \overline{A \cdot B}$
$E = 0$	输出高阻态



功能表

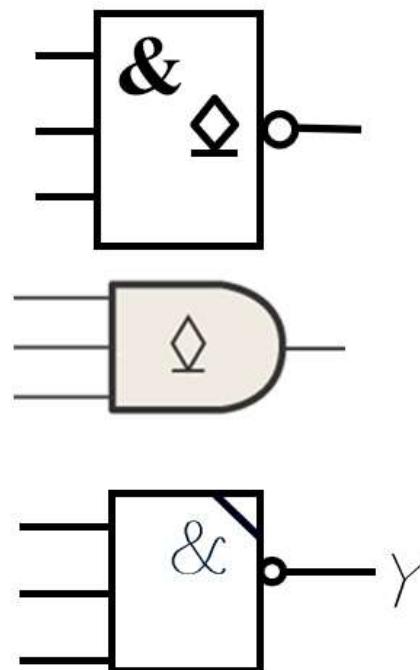
$\overline{E} = 0$	$Y = \overline{A \cdot B}$
$\overline{E} = 1$	输出高阻态

# OC门



使用时输出端需接一上拉负载电阻 $R_L$ 及电源

## 逻辑符号



输出逻辑1, Y相当于悬空  
输出逻辑0, Y相当于接地

## 集成门电路特性及参数

- 噪声容限
- 扇出系数
- 传输延迟时间
- 竞争-冒险现象

# 小规模组合逻辑电路和逻辑代数

- 逻辑代数
- 小规模组合逻辑电路的分析和设计方法

## 逻辑代数运算法则

$$1. A + 0 = A$$

$$2. A + 1 = 1$$

$$3. A \cdot 0 = 0$$

$$4. A \cdot 1 = A$$

$$5. A + A = A$$

$$6. A + \bar{A} = 1$$

$$7. A \cdot A = A$$

$$8. A \cdot \bar{A} = 0$$

$$9. \bar{\bar{A}} = A$$

$$10. A + AB = A$$

$$11. A + \bar{A}B = A + B$$

$$12. (A + B)(A + C) = A + BC$$

## 德摩根定理

$$\overline{XYZ} = \bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}$$

$$\overline{X + Y + Z} = \bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$$

Break the bar, change the sign



## 卡诺图化简

卡诺图中逻辑相邻与几何相邻一致！

AB \ C	C	
	0	1
00	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}\bar{B}C$
01	$\bar{A}B\bar{C}$	$\bar{A}BC$
11	$AB\bar{C}$	$ABC$
10	$A\bar{B}\bar{C}$	$A\bar{B}C$

三变量卡诺图

注意  
顺序  
！

AB \ CD	CD			
	00	01	11	10
00	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}CD$
01	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}D$	$\bar{A}BC\bar{D}$	$\bar{A}BCD$
11	$AB\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$ABC\bar{D}$	$ABCD$
10	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}D$	$A\bar{B}C\bar{D}$	$A\bar{B}CD$

四变量卡诺图

## 逻辑函数的表示方法:

逻辑符号图

逻辑表达式

逻辑状态表 (真值表)

卡诺图

输入输出波形

---各种形式间的转换

## 小规模（SSI）组合逻辑电路分析和设计

1. 分析：电路图→表达式→状态表→结论
2. 设计：要求→状态表→表达式→逻辑电路图

状态表→表达式：

挑出输出  $Y=1$  的行的输入组合；

写乘积项：“0”→反变量，“1”→原变量；

$Y = \sum$  乘积项；

最小项

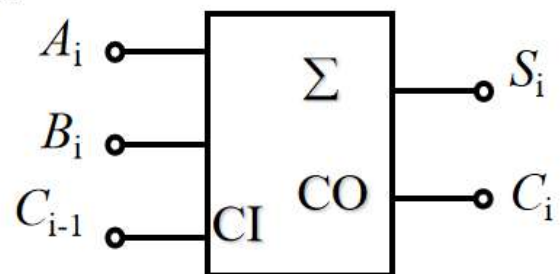
逻辑代数或卡诺图化简→最简与或形式

反演律（摩根定律）→最简与非形式

# 常用中规模组合逻辑芯片及应用

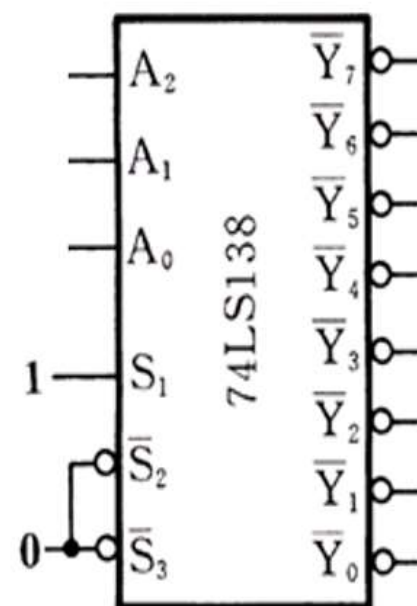
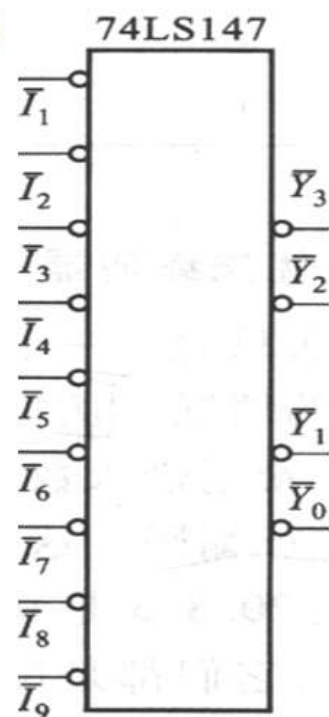
- 常用中规模组合逻辑芯片
  - ✓ 全加器
  - ✓ 编码器
  - ✓ 译码器
- ✓ 基于中规模芯片的组合逻辑电路设计
  - ✓ 数据分配器、数据选择器
  - ✓ 数码比较器
  - ✓ 奇偶校验器

## 全加器

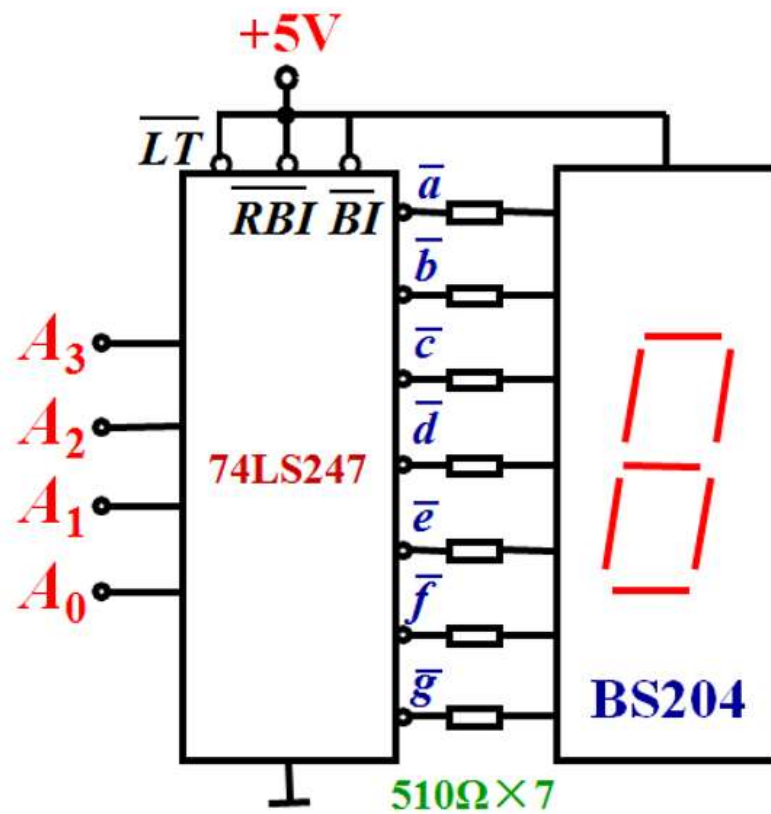


## 最小项译码器

## 优先编码器

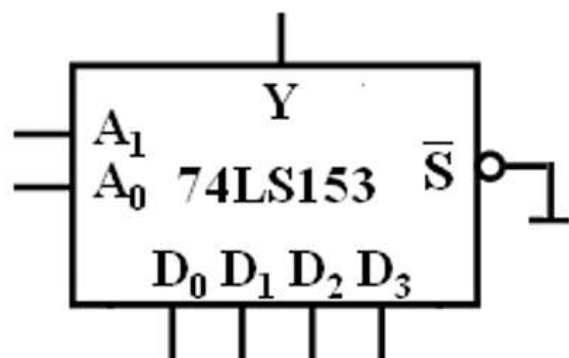


## 译码显示电路



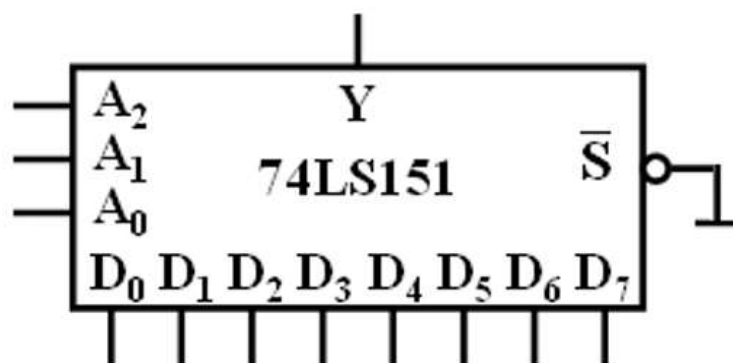


## 数据选择器



四选一

$$Y = D_0(\bar{A}_1\bar{A}_0) + D_1(\bar{A}_1A_0) + D_2(A_1\bar{A}_0) + D_3(A_1A_0)$$



八选一

# 触发器及应用

- 基本**RS**触发器
- 边沿出发的**D**、**JK**触发器  
(逻辑符号、功能表、特征方程、转移方程)
- 异步（直接）复位和异步（直接）清零端子

# 时序逻辑电路的分析和设计

- 时序逻辑电路的认识

同步时序逻辑和异步时序逻辑电路

摩尔型（无输入信号）和米勒型（有输入信号）电路

- 时序逻辑电路的一般分析方法

- 时序逻辑电路一般设计方法

# 常用中规模计数器芯片

## 任意进制计数器的构成和分析

能看懂功能表和典型时序图

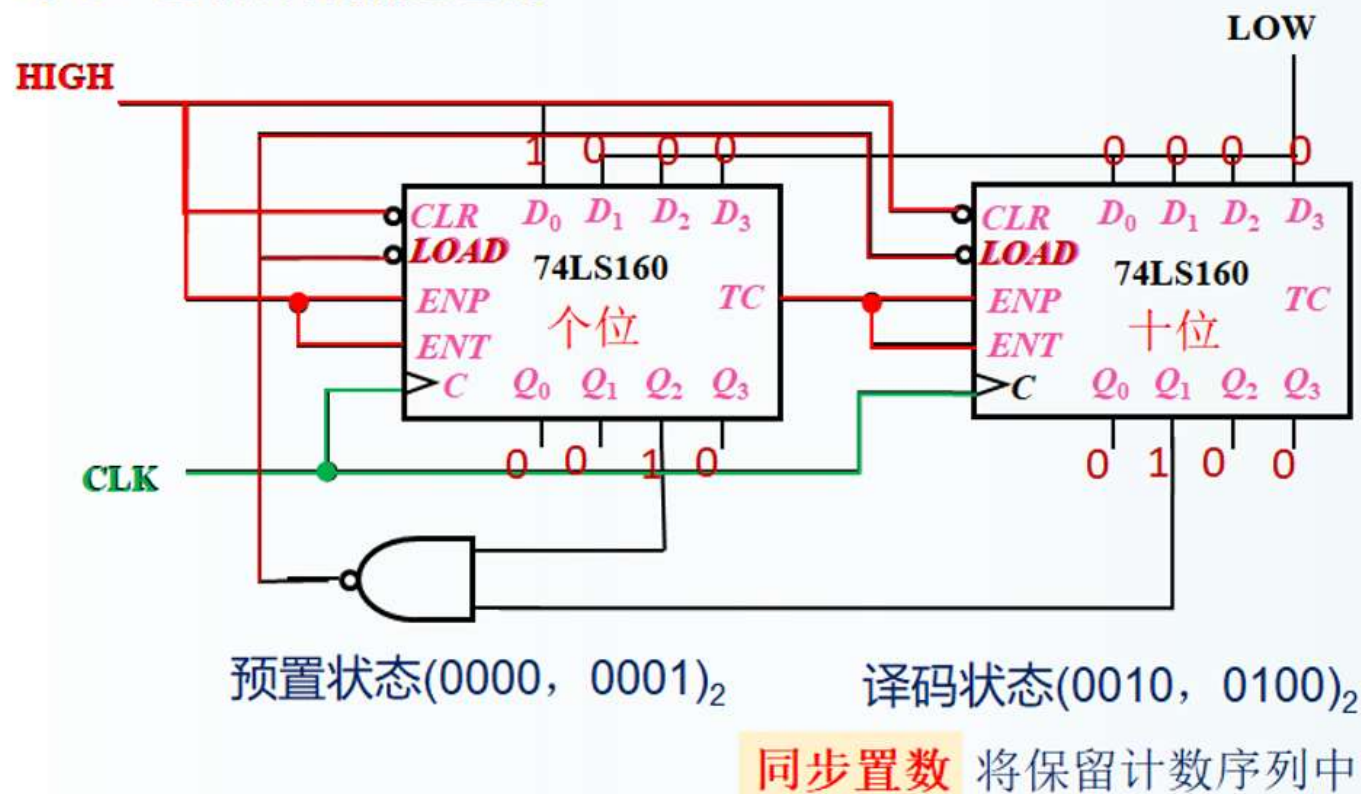
掌握清零或置数法构成任意进制计数器的方法

掌握计数器芯片级联的方法



## 级联基础上构成任意进制计数器

练习：分析计数器的进制



计数序列:

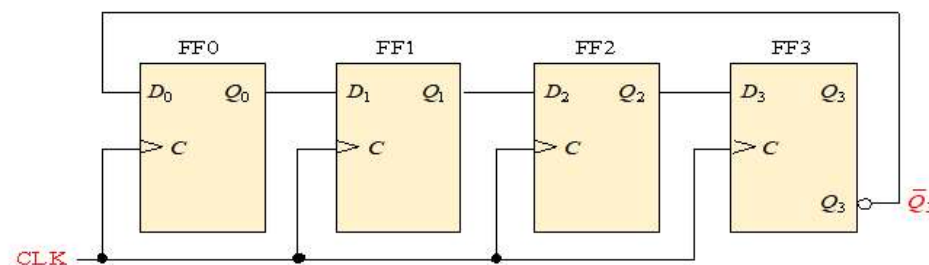
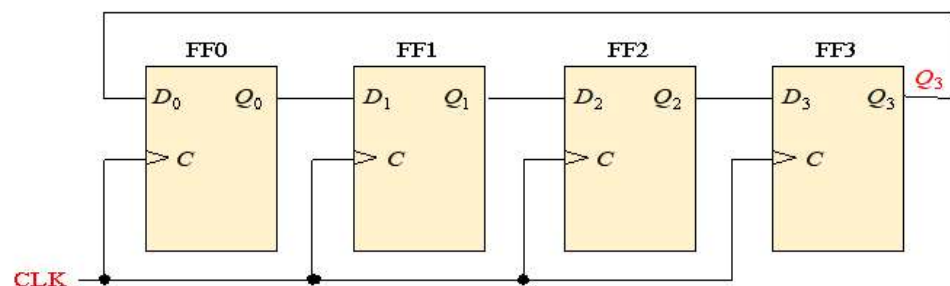
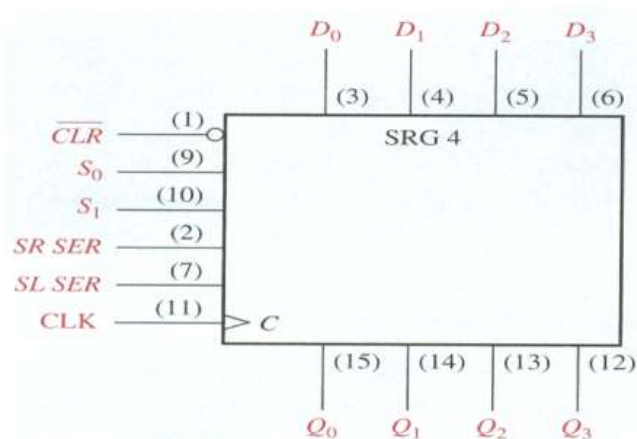
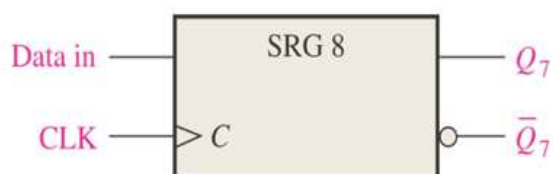
1 ———》24

24进制计数器



# 移位寄存器及应用

- 移位寄存器的符号、工作特点、输入输出关系
- 环形和扭环形移位计数器的特点与应用





数—模与模—数转换器是计算机与外部设备的重要接口，也是数字测量和数字控制系统的重要部件

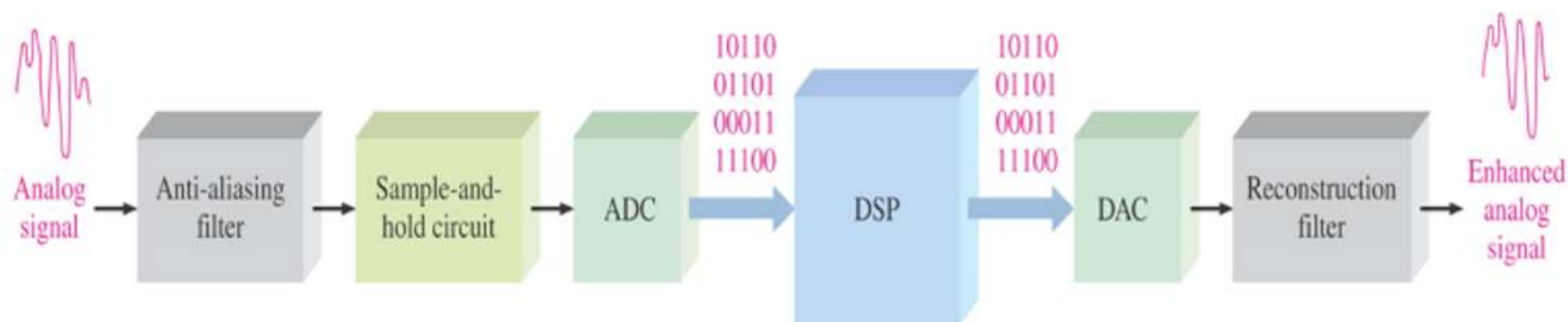
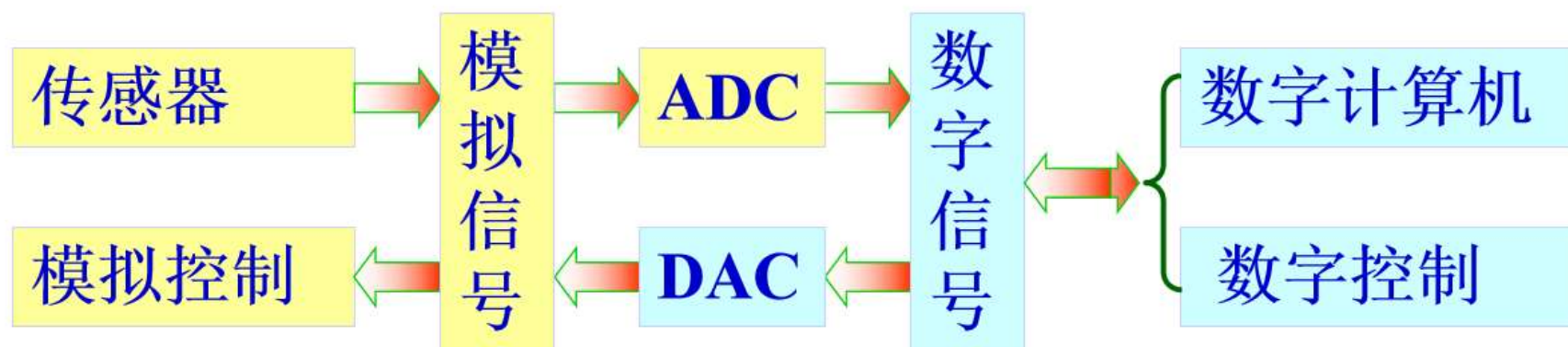
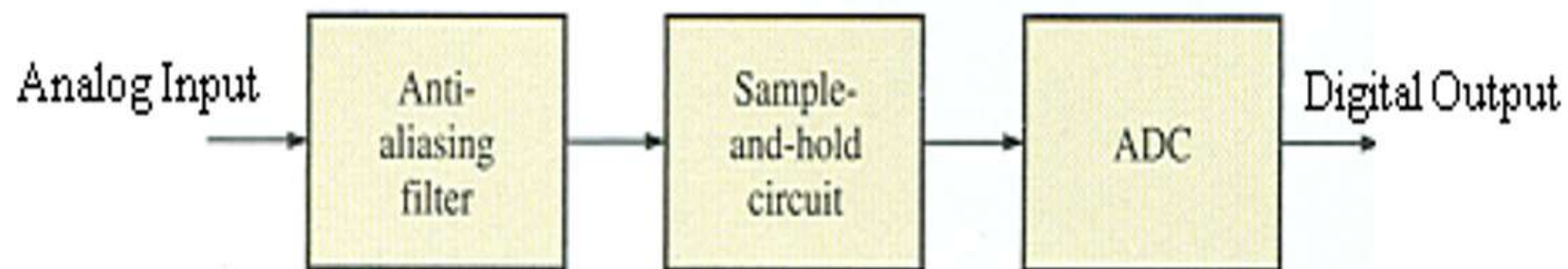
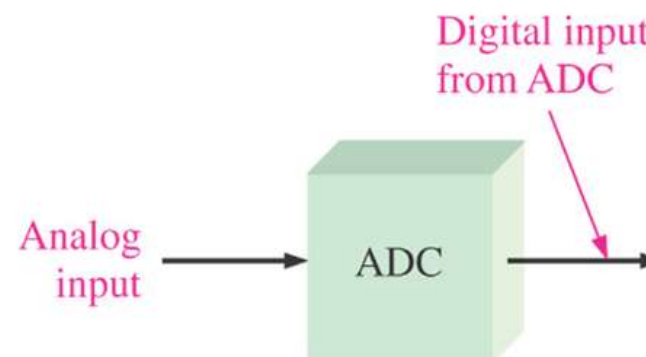


图 13.1.2 典型数字信号处理系统基本框图

# A/D转换电路

模拟量转换成数字量



抗混叠滤波

采样保持

模数转换

## A/D转换器

任务: 把模拟量转换成数字量

类型: 逐次逼近型 (原理)

双积分型 (原理)

.....

# 寄语



青春不可逆 期望珍惜  
真实舒展地认真过好平凡普通日子!