

# 数字逻辑电路

## 复习提纲与知识点

[qinxw@ustc.edu.cn](mailto:qinxw@ustc.edu.cn)

# 课程名称解读

课程名称：数字逻辑电路

①

关键词①：数字

✓ 数字怎么构成？

✓ 可以代表什么？

} 第1章 数制和码制

## 课程名称：数字逻辑电路

②

关键词②：数字逻辑

✓ 什么是逻辑？

✓ 什么是数字逻辑？

} 第2章 逻辑代数基础

## 课程名称：数字逻辑电路 ③

关键词③：数字逻辑电路

用电子器件实现数字逻辑的电路

第3章 门电路、第4章 组合逻辑电路 第5~6章 时序逻辑电路

第7章 脉冲产生整形电路 第8章 数模和模数转换电路

# Part 1: 逻辑代数基础

- ✓ 数值的各种进制表示、进制之间的转换

  - ✓ 二进制到十进制、十进制到二进制

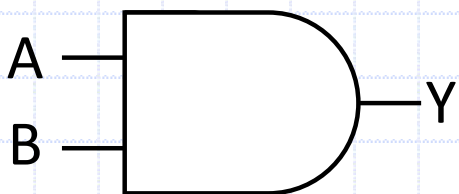
  - ✓ 二进制与八进制、十六进制的转换

- ✓ 反码、补码、补码运算

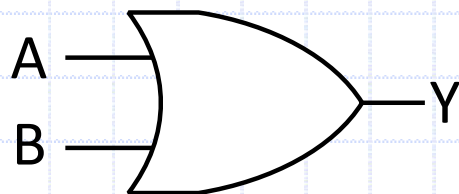
- ✓ 常用编码

  - 格雷码

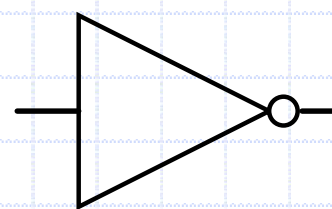
## 三种基本逻辑



$$Y = A \cdot B = AB$$

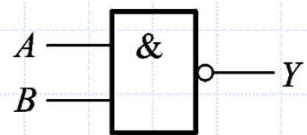
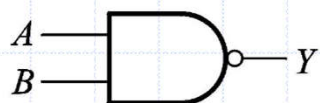


$$Y = A + B$$



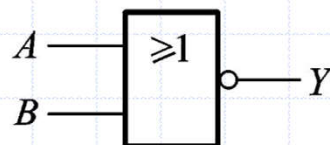
$$Y = A'$$

## 五种常用的复合逻辑运算



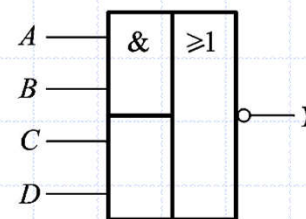
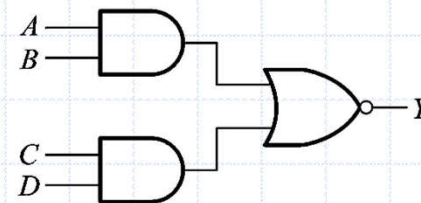
与非

$$Y = (A \cdot B)'$$



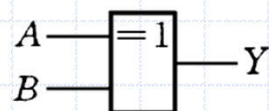
或非

$$Y = (A + B)'$$



与或非

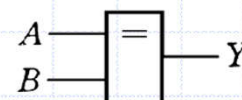
$$Y = (A \cdot B + C \cdot D)'$$



异或



$$Y = A \oplus B$$



同或



$$Y = A \odot B$$

## 基本公式与常用公式

$$A + B C = (A + B)(A + C)$$

$$(A B)' = A' + B' \quad (A + B)' = A' B'$$

序 号	公 式
21	$A + A B = A$
22	$A + A' B = A + B$
23	$A B + A B' = A$
24	$A (A + B) = A$
25	$A B + A' C + B C = A B + A' C$ $A B + A' C + B C D = A B + A' C$
26	$A (A B)' = A B' ; A' (A B)' = A'$

## 三个定理

- ✓ 代入定理：公式的推广
- ✓ 反演定理：写反逻辑式， $Y \Rightarrow Y'$
- ✓ 对偶定理：写对偶式，用于公式证明



# 逻辑函数的多种表示

① 真值表

② 逻辑式

③ 逻辑图

④ 波形图

⑤ 卡诺图

**熟练掌握各种表示方法之间的相互转换!**

## 熟练掌握逻辑函数式的标准形式：积之和

- ✓ 最小项概念、性质
- ✓ 真值表到标准形式的转换

## 熟练掌握两种化简方式

- ✓ 公式化简
- ✓ 卡诺图化简

## 具有无关项的逻辑函数的化简

- ✓ 任意项、约束项统称为无关项
- ✓ 无关项在逻辑函数化简中的应用

**掌握包含无关项的卡诺图化简！**

## 多输出逻辑函数的化简

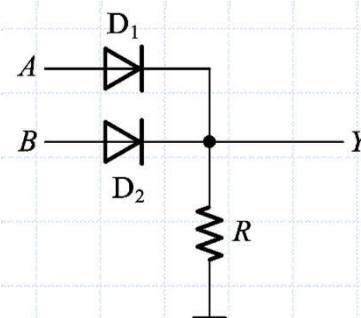
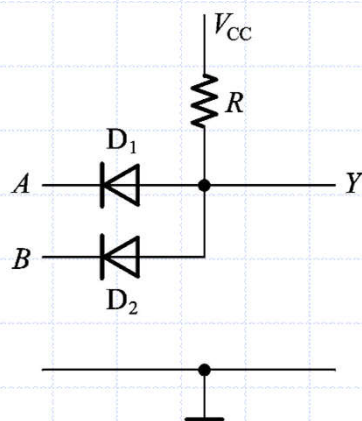
## 逻辑函数形式的变换

## Part 2: 门电路

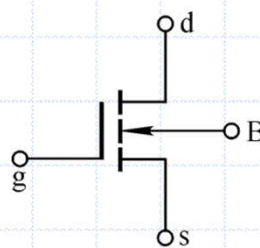
整体要求：（仅要求掌握基本二极管门电路和CMOS门电路）

- ✓ 会分析各类由CMOS构成的门电路逻辑
- ✓ 认识各类逻辑图形符号，如三态门，OD门等
- ✓ 了解门电路的电压传输特性、输入输出特性
- ✓ 会做简单的计算，比如计算 $R_L$ ，扇出系数等
- ✓ 了解CMOS的使用规范

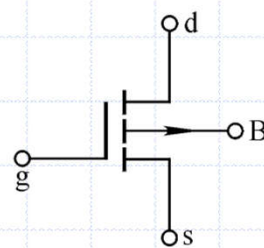
## 二极管与门、或门



## MOS管的符号



N沟道

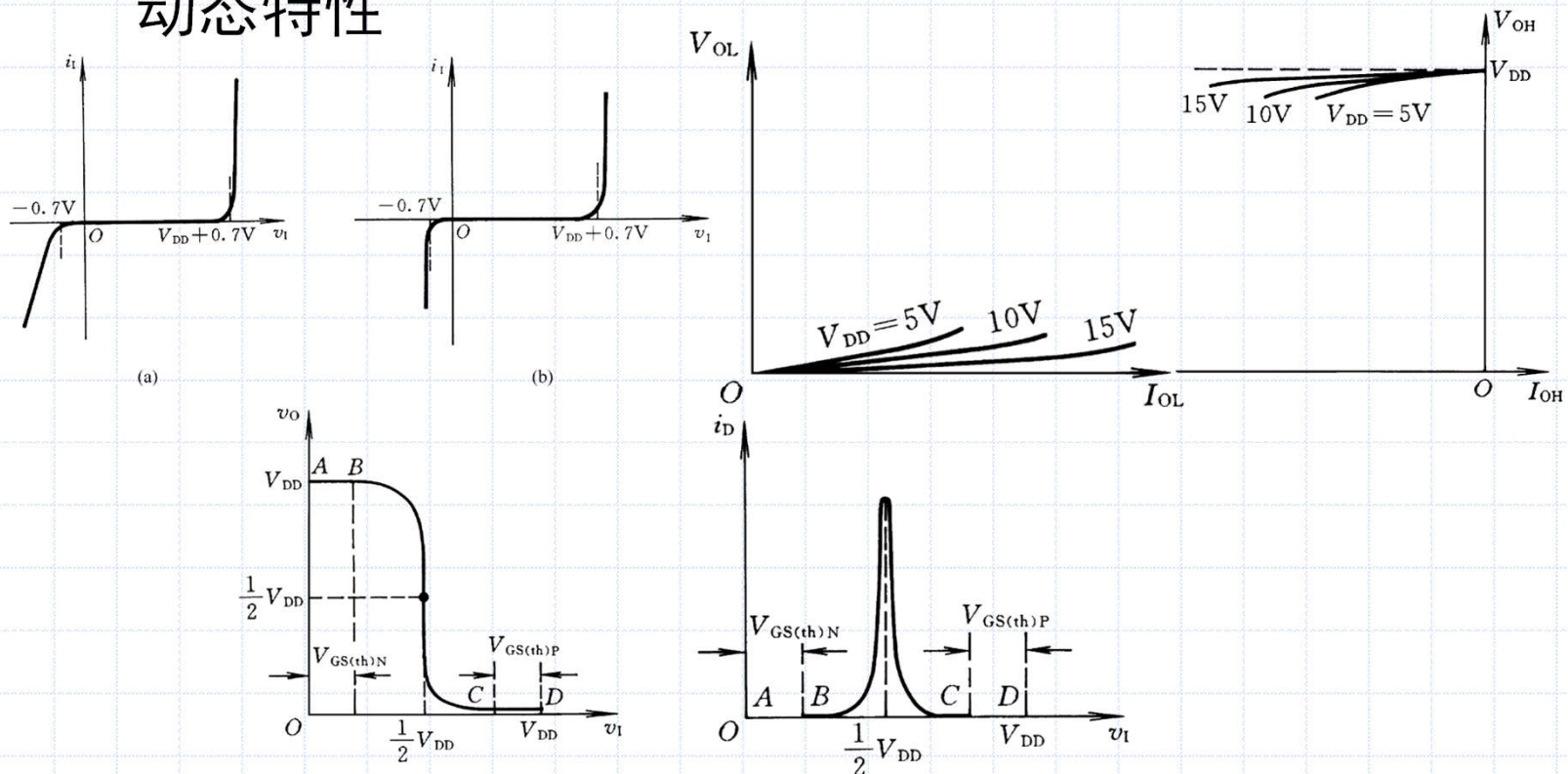


P沟道

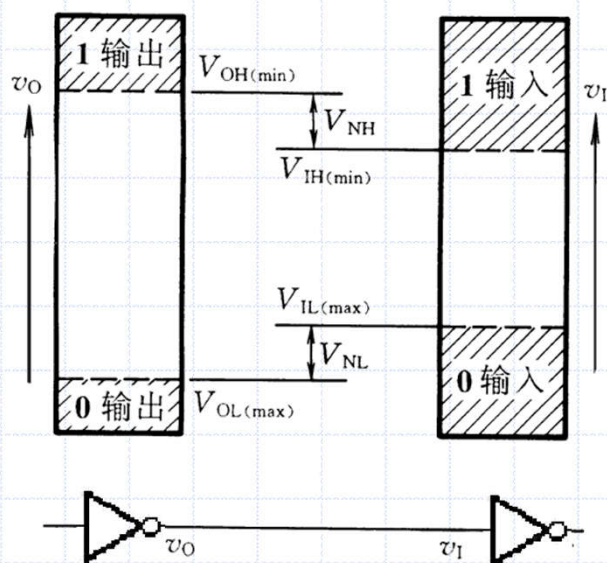
- ✓ 理解CMOS反相器的工作原理基础
- ✓ 理解CMOS门电路的逻辑特性和电气特性

① 逻辑特性

② 电气特性：输入特性、输出特性、电压传输特性、动态特性



✓ 理解输入噪声容限的概念



$$V_{NH} = V_{OH(\min)} - V_{IH(\min)}$$

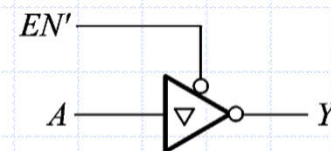
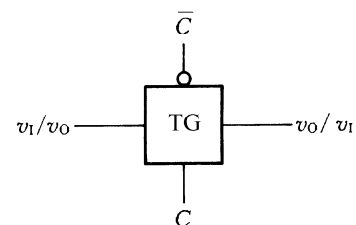
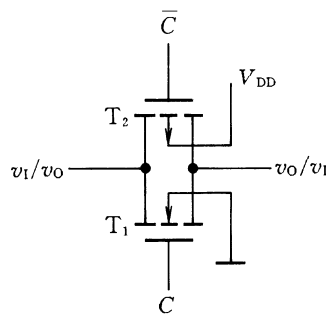
$$V_{NL} = V_{IL(\max)} - V_{OL(\max)}$$

✓ 理解高电平、低电平、正逻辑、负逻辑、 $U_{IL}$ 、 $U_{IH}$ 、 $U_{OL}$ 、 $U_{OH}$ 、 $I_{OL}$ 、 $I_{OH}$ 等概念

✓ 理解CMOS反相器的动态特性

✓ 掌握分析其他类型CMOS电路

如：与非、或非、OD门、传输门、三态门的逻辑符号与工作特点





## Part 3: 组合逻辑电路

- ✓ 熟悉组合逻辑电路的功能、电路结构特点
- ✓ 掌握组合逻辑电路的分析及各种表达形式
- ✓ 掌握组合逻辑电路的设计
  1. 逻辑抽象：分析因果关系，确定输入/输出变量；定义逻辑状态的含意（赋值）；列出真值表
  2. 写出函数式
  3. 选定器件类型
  4. 根据所选器件：对逻辑式化简（用门）、变换（用MSI）
  5. 画出逻辑电路图

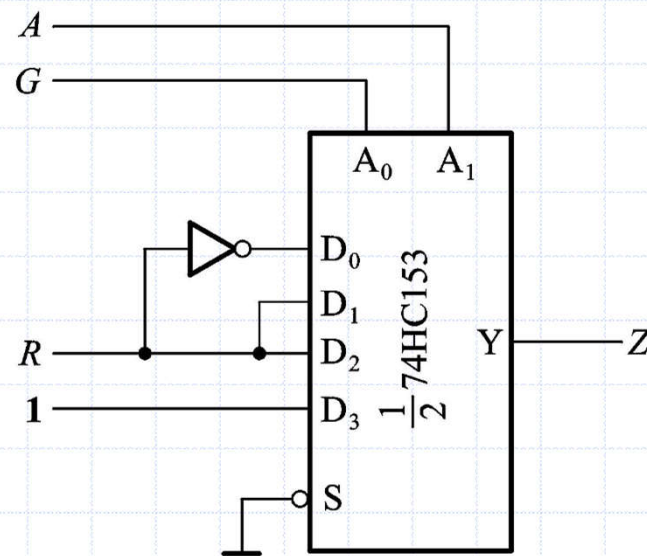
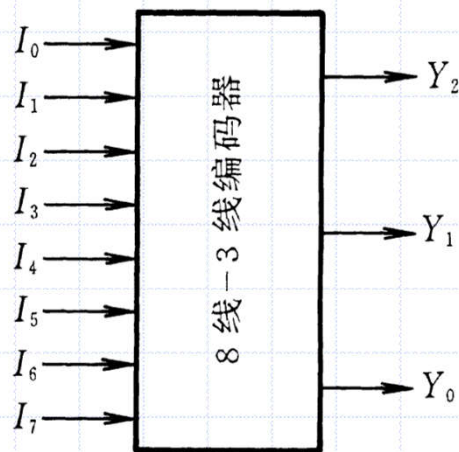
## ✓ 掌握若干常用的组合逻辑电路

1. 编码器：普通编码器、优先编码器
2. 译码器：二进制译码器、二—十进制译码器、显示译码器
3. 数据选择器
4. 加法器：半加、全加
5. 数值比较器

## ✓ 理解竞争—冒险的概念以及会分析是否会产生

## 要求：（不局限于下面举的例子）

- ✓ 掌握各种常见的组合逻辑电路的逻辑功能
- ✓ 在给定器件的类型的类型的基础上，掌握由这些器件设计简单组合逻辑电路、器件的扩展



## Part 4: 触发器与时序逻辑电路

### ✓ 触发器的两种分类

① 按逻辑功能

② 按触发方式

### ✓ 触发器次态 $Q^*$ 和现态 $Q$ 的概念

### ✓ 各种类型触发器的图形符号与逻辑功能

$$\begin{cases} Q^* = S + R'Q \\ SR = 0 \end{cases} \quad (\text{约束条件})$$

$$Q^* = JQ' + K'Q$$

$$Q^* = D$$

$$Q^* = TQ' + T'Q$$

## ✓ 表示触发器逻辑功能的基本方法

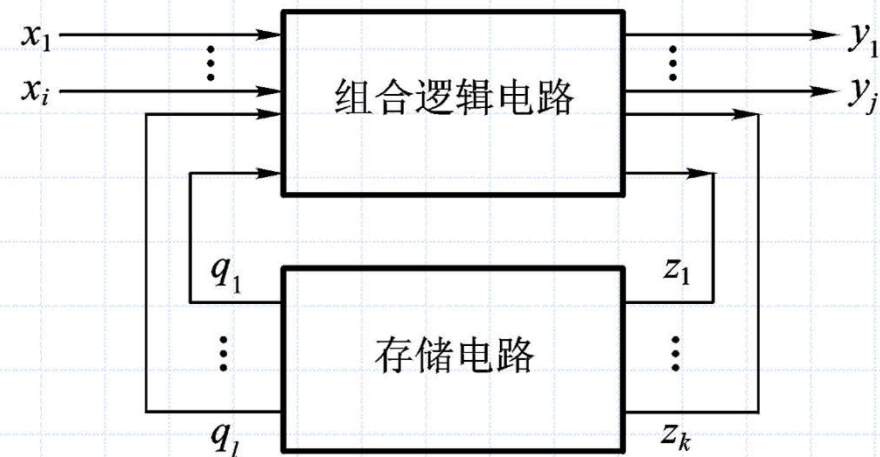
- 真值表、特性方程、状态图、时序图

## ✓ 不同触发方式的触发器的主要特点

- 电平触发、脉冲触发、边沿触发
- 触发方式与电路结构的关系
- 根据触发器符号了解是何种形式的触发

## ✓ 理解触发器传输延迟时间的概念

## ✓ 时序逻辑电路的特点与电路结构

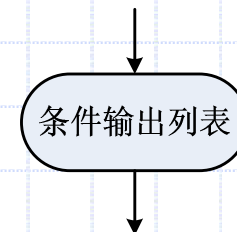
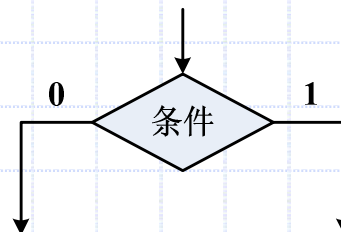
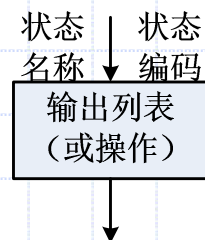
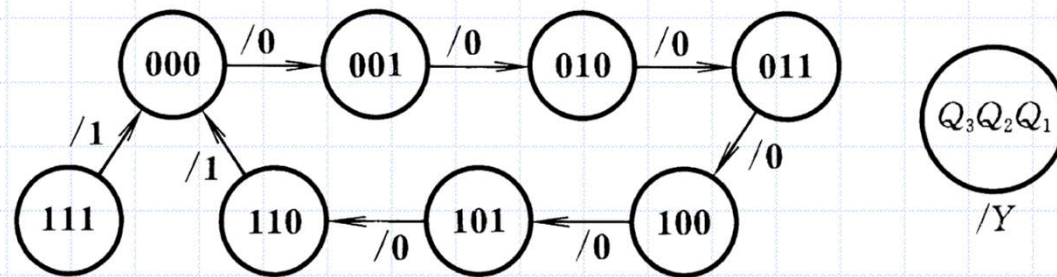


## ✓ 分析时序逻辑电路的步骤：驱动方程 状态方程 输出方程

## ✓ 时序逻辑电路的分类：

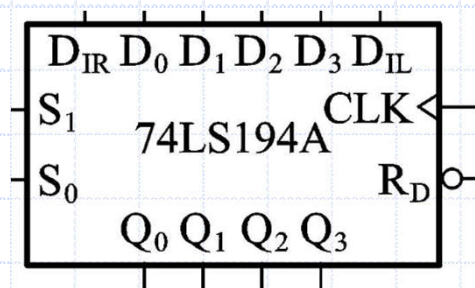
- 同步、异步和Mealy、Moore

# 时序逻辑电路的状态转换表、状态转换图、状态机 流程图和时序图表示



## 若干常用的时序逻辑电路

### ■ 寄存器、移位寄存器、计数器



$R'_D$	$S_1$	$S_0$	工作状态
0	X	X	置零
1	0	0	保持
1	0	1	右移
1	1	0	左移
1	1	1	并行输入

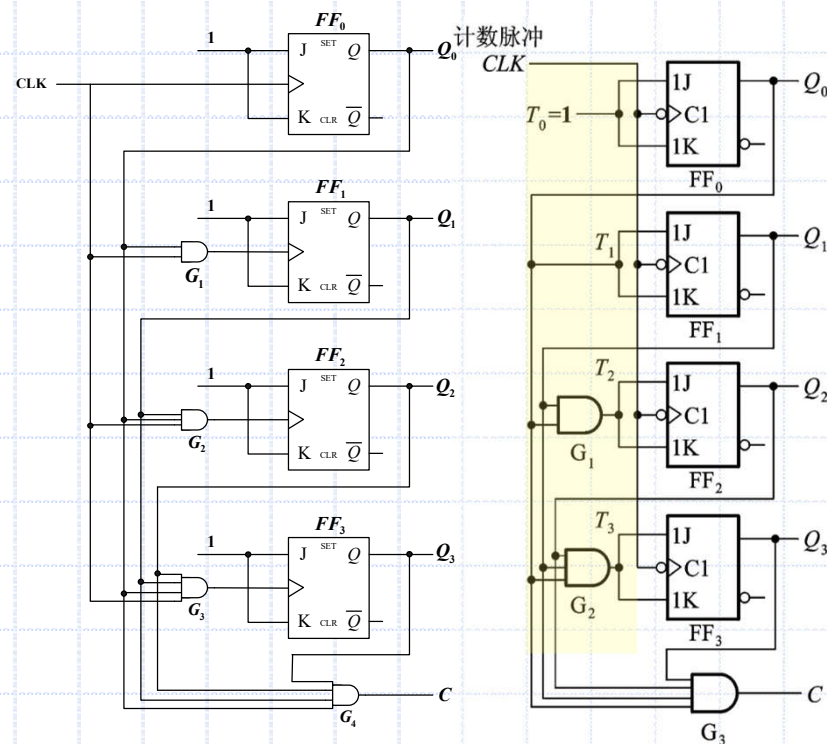
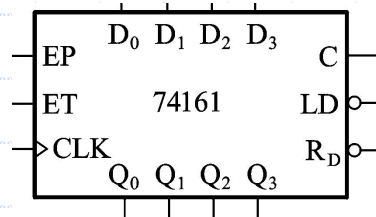


## 计数器☆☆

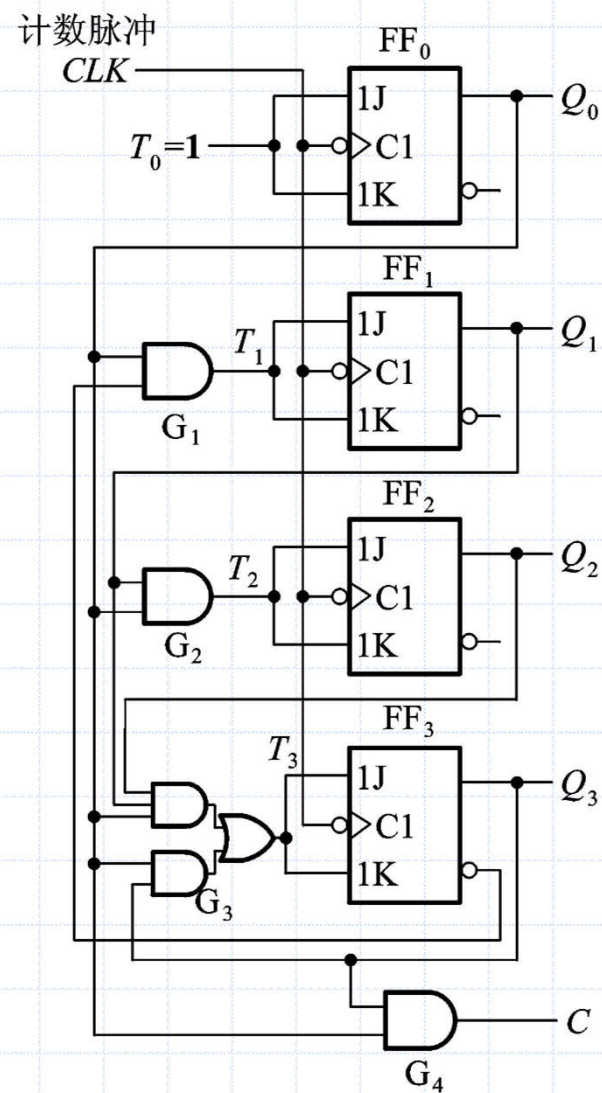
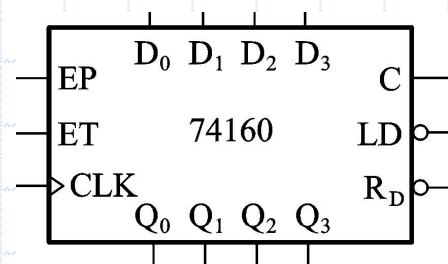
✓分类：同步、异步；加法、减法、可逆计数器；二进制、二一十进制计数器等；十进制、任意进制

## ✓同步计数器

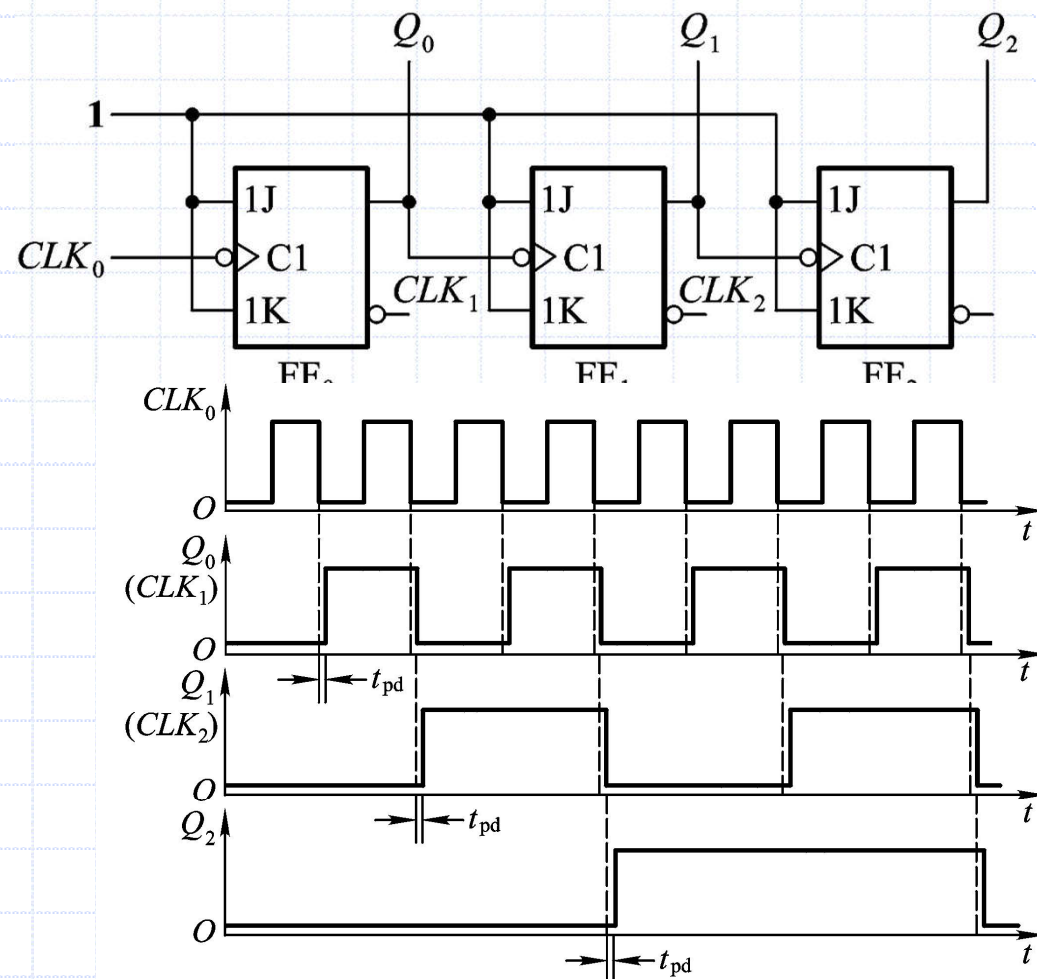
- 理解同步计数器的原理
- 触发器各输出端脉冲特性



## 同步十进制计数器



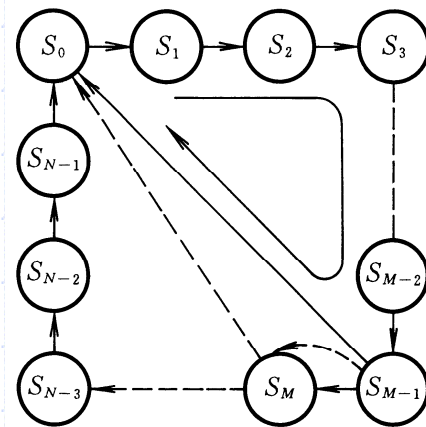
## 异步计数器（会看懂就可以）



# 掌握实现任意进制的计数器

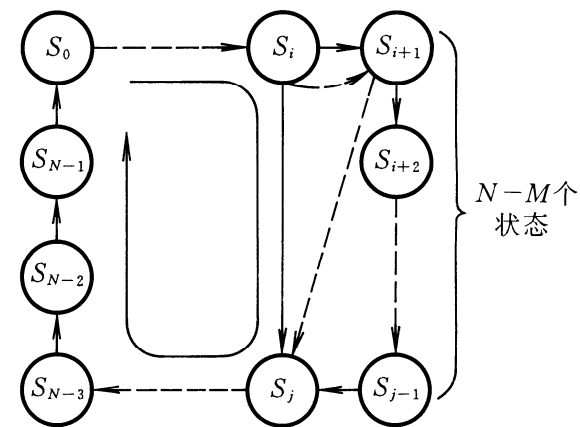
✓  $M > N$

✓  $M < N$



(a)

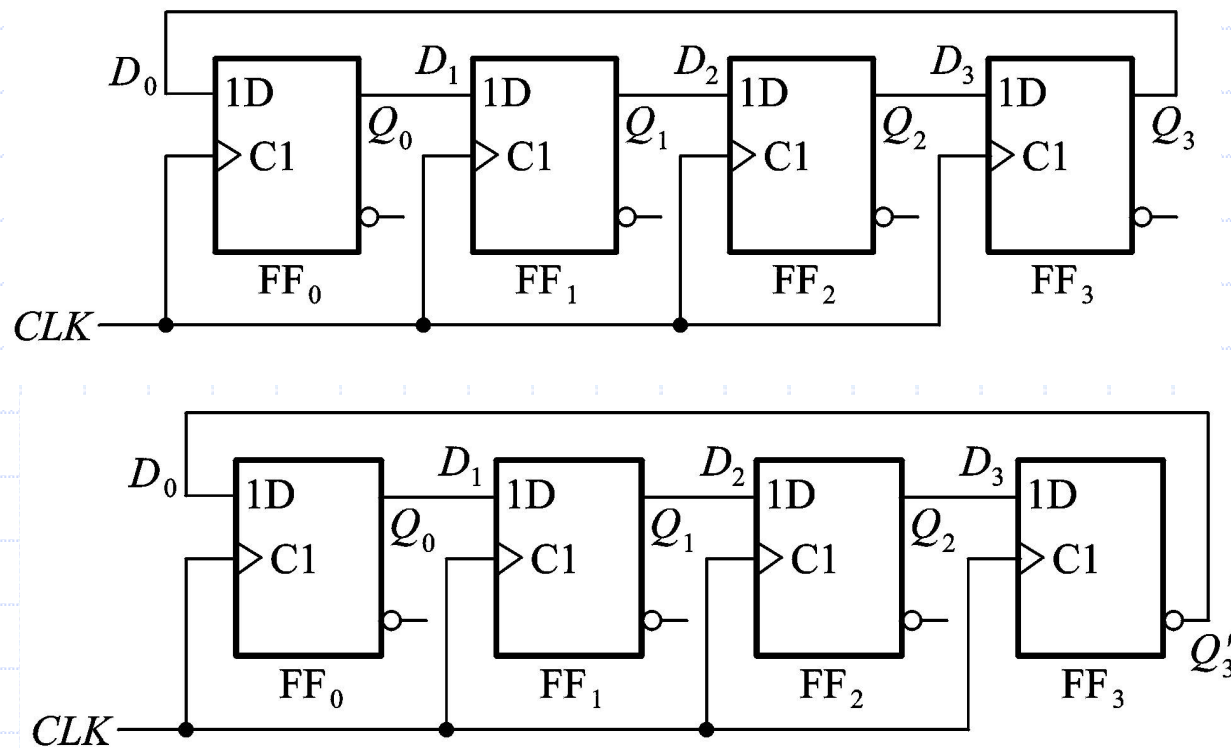
{ 异步置零法  
同步置零法



(b)

{ 异步预置数法  
同步预置数法

## 环形计数器、扭环计数器、序列信号发生



# 时序逻辑电路的设计

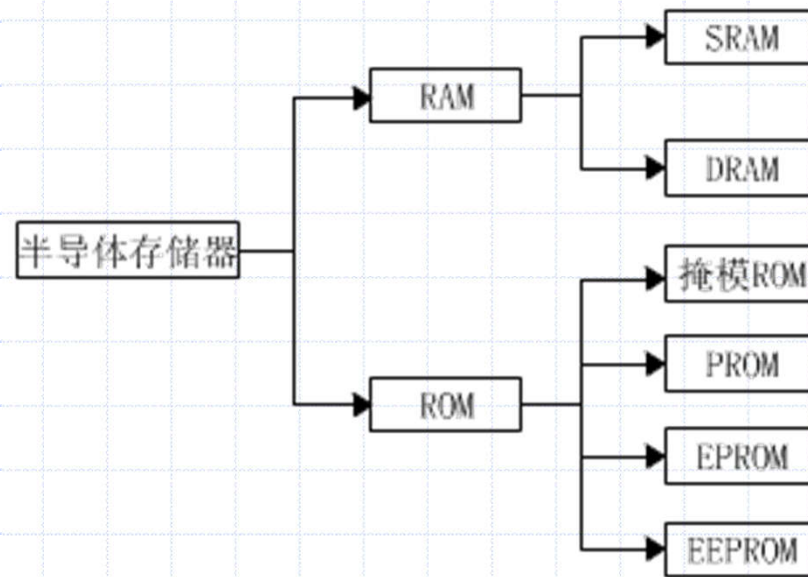
## 掌握设计一般步骤

- 一、逻辑抽象，求出状态转换图或状态转换表
- 二、状态化简
- 三、状态分配
- 四、选定触发器类型
- 五、画出逻辑图
- 六、检查自启动

结合课本中实例和习题理解步骤！

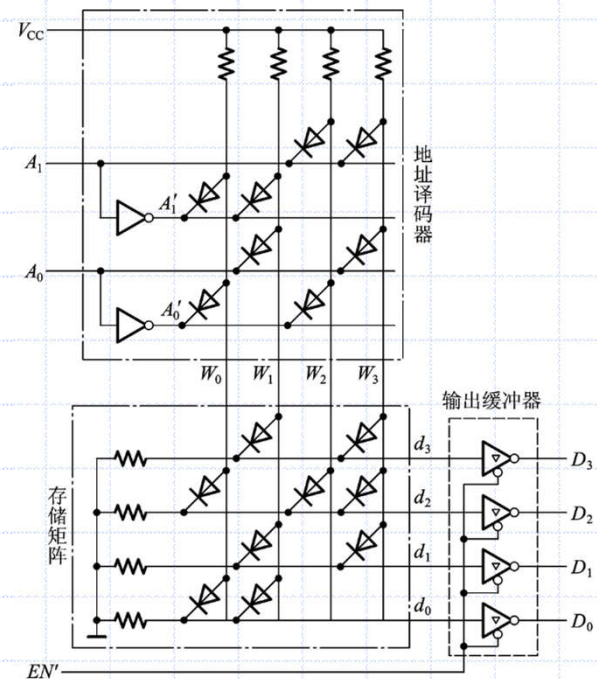
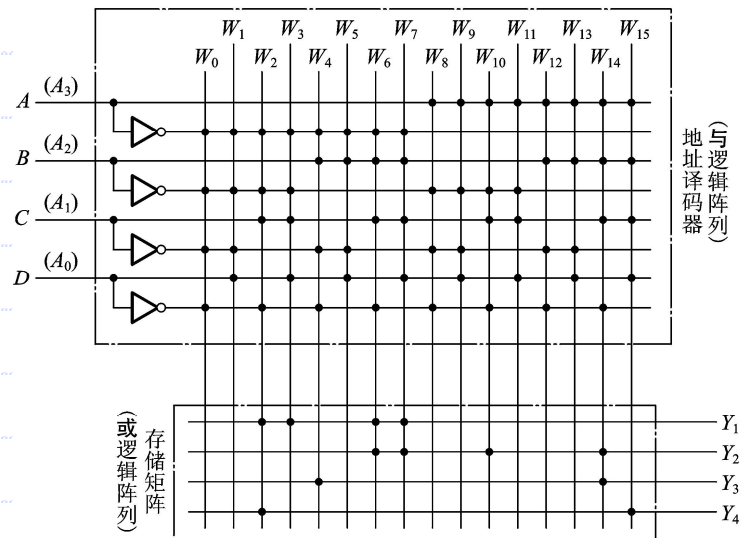
# 半导体存储器

## 1、存储器的分类、性能指标



要求：

- ✓ 了解各种存储器的特点
- ✓ 能读懂简单的存储电路
- ✓ 掌握存储器的两种扩展方式

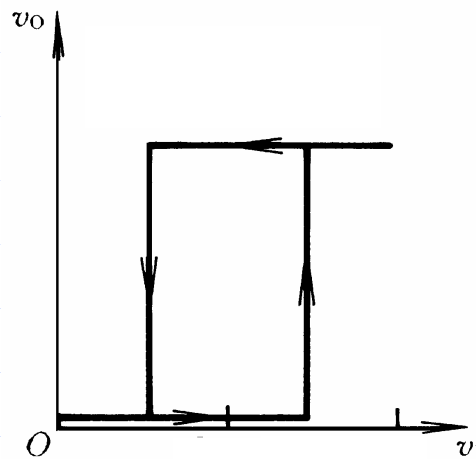




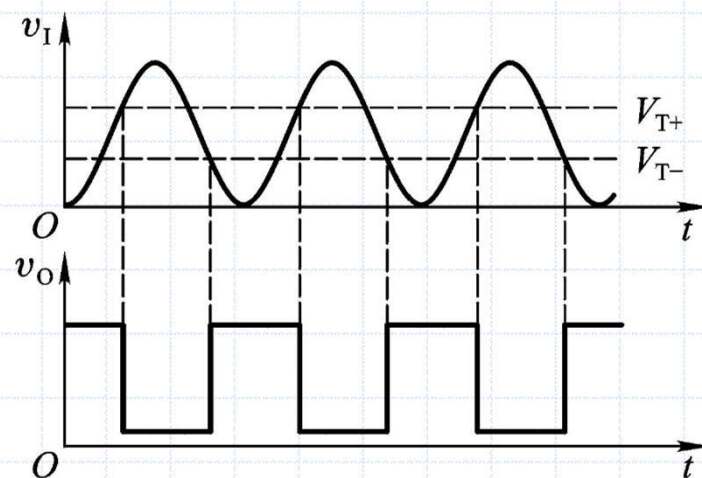
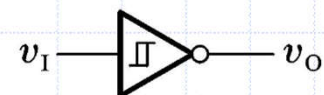
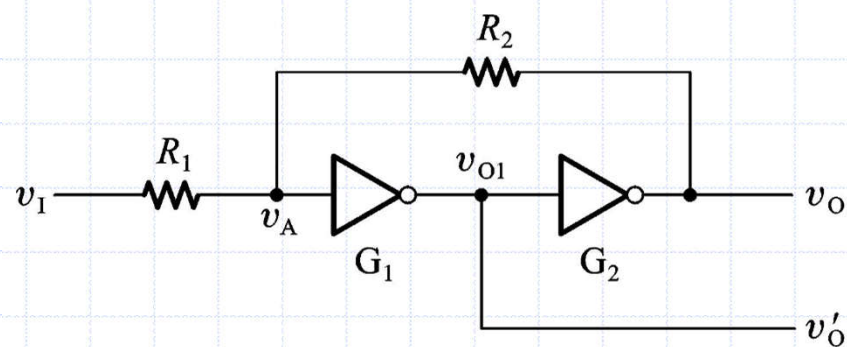
## Part 5: 脉冲产生与整形电路

### 施密特触发器的工作特点

- 输入信号在上升和下降过程中，电路状态转换的输入电平不同
- 电路状态转换时有正反馈过程，使输出波形边沿变陡



会画施密特触发电路输出电压和输入电压的波形关系



## 单稳态电路：会分析（包括：CMOS门电路构成的和集成单稳态电路）

特点：

- ①有一个稳态和一个暂稳态。
- ②在外界触发信号作用下，能从稳态→暂稳态，维持一段时间后自动返回稳态。
- ③暂稳态维持的时间长短取决于电路内部参数
- ✓ 单稳态电路的输入电压与输出电压的波形图
- ✓ 计算单稳态电路的性能参数

## 多谐振荡电路（会分析，针对CMOS门电路构成的）

### 工作特点

多谐振荡器是一种自激振荡器，当电路接好后，便能自动产生矩形脉冲

- ✓ 分析多谐振荡电路的工作过程
- ✓ 掌握振荡频率与定时元件R、C之间的计算

## 555定时器（主要是分析）

- ✓ 会分析555定时器的功能表
- ✓ 会分析由555构成的施密特触发电路、单稳态电路、多谐振荡电路的工作原理，并计算脉冲宽度、周期等

## Part 6: D/A与A/D

D/A 数-模	电流 求和型	权电阻网络
		倒T型权电阻网络
		权电流型
A/D 模-数	直接型	并联比较型
		逐次渐进型
	间接型	V-T变换型
		V-F变换型

- ✓ 能分析看懂
- ✓ 了解每一种的优缺点
- ✓ 简单的精度计算，书上例子