

第4章 时序电路分析



时序电路概述

时序？

“时序”一词的含义是指将事件按时间排序，一个事件接着另一个事件发生，并被时间分隔。

例如：拨电话

两个重要过程：

- 拨号时的时间分隔
- 记忆（存储）已拨号码的能力



在数字电路中，事件的时间分隔和信息存储是通过一种称之为**触发器的**数字存储元件来实现的。

触发器是什么？

触发器是时序电路的核心部件。

例：跷跷板

有两个稳定状态：

“高”和“低”，只有在外力“触发”时才可交换变化。



触发器 英文：**Flip-Flop**(掷起—落下)

触发器的输出也具有两个稳定状态：**0**或者**1**（这就是所谓的双稳态），它们只有在特定的输入“触发”下才可能发生改变。因此触发器可用来“记忆”“0”、“1”信息。

时序电路的基本结构

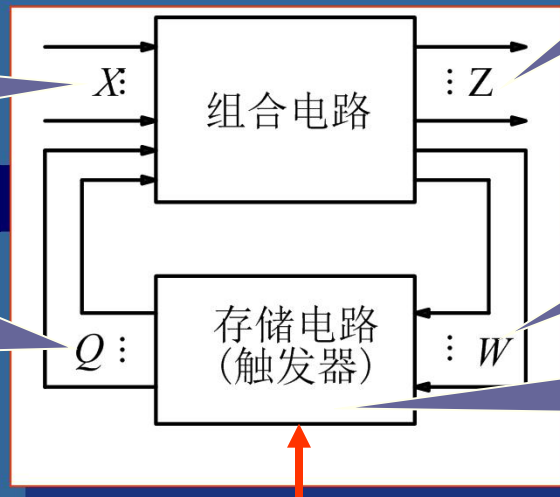
输入信号，是时序电路的外部输入

输出信号，是时序电路的外部输出

存储电路（触发器）的输入信号，习惯上称为激励输入

存储单元，它能够将过去时刻电路的状态记忆下来

存储电路（触发器）的输出，它代表了时序电路在某时刻所处的状态，所以称为时序电路的状态信号



CP

时钟脉冲信号，控制存储电路中各触发器状态的变化节奏

X、Z、W及Q变量彼此之间的关系：

输出方程

$$Z = F_1(X, Q^n)$$

驱动（激励）方程

$$W = F_2(X, Q^n)$$

触发器状态（特征）方程 $Q_i^{n+1} = F_3(W, Q_i^n) \quad i = 1, 2, 3, \dots, r$

（ Q^n 称为现在状态，简称现态，而将 Q^{n+1} 称为下一状态或次态。）

电路的次态方程

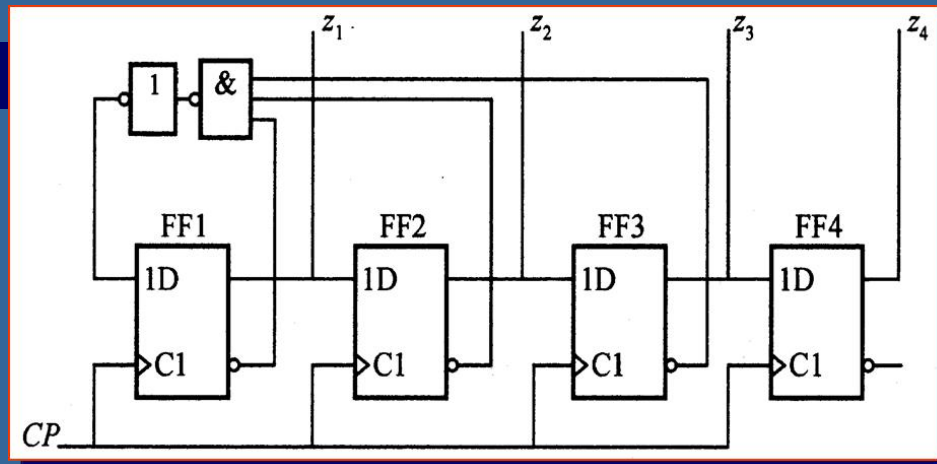
$$Q^{n+1} = F_4(X, Q^n)$$

时序电路的分类

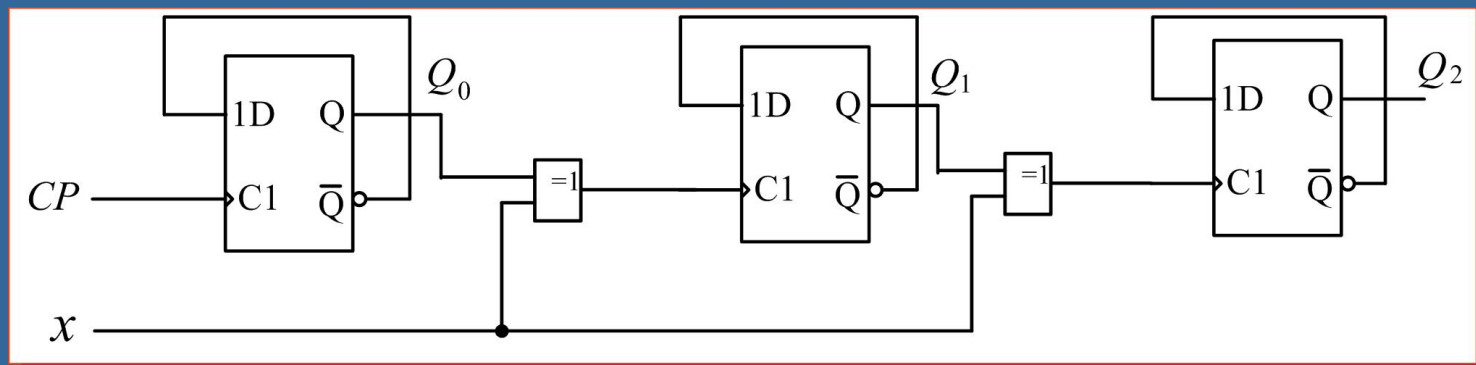
根据存储电路中各触发器是否受统一的时钟（CP）控制分：

时钟脉冲（CP）：在数字系统中，为协调各部分的工作，常常要求某些触发器于同一时刻动作。为此，必须引入同步信号，使这些触发器只有在同步信号的作用下才能改变状态。这个同步信号就称之为时钟脉冲（Clock Pulse，简写CP）

（1）受同一CP控制——同步时序电路



（2）受不同的CP控制——异步时序电路

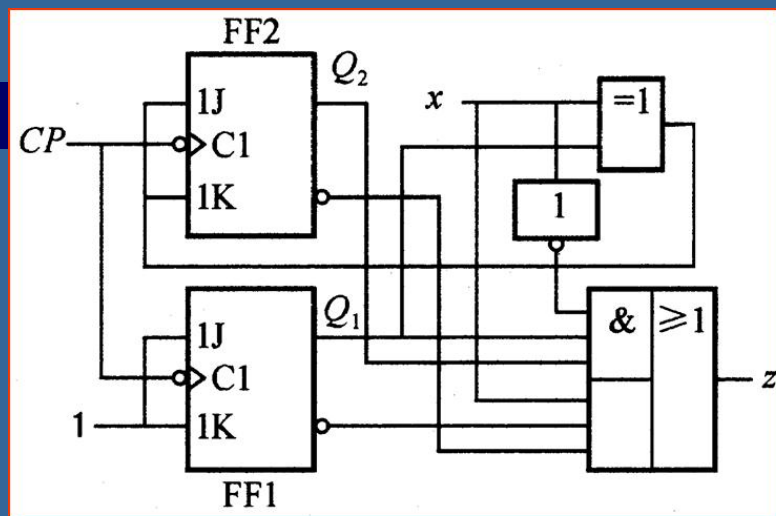


时序电路的分类

根据电路的输出方程 Z 是否与外部输入变量 X 有关分：

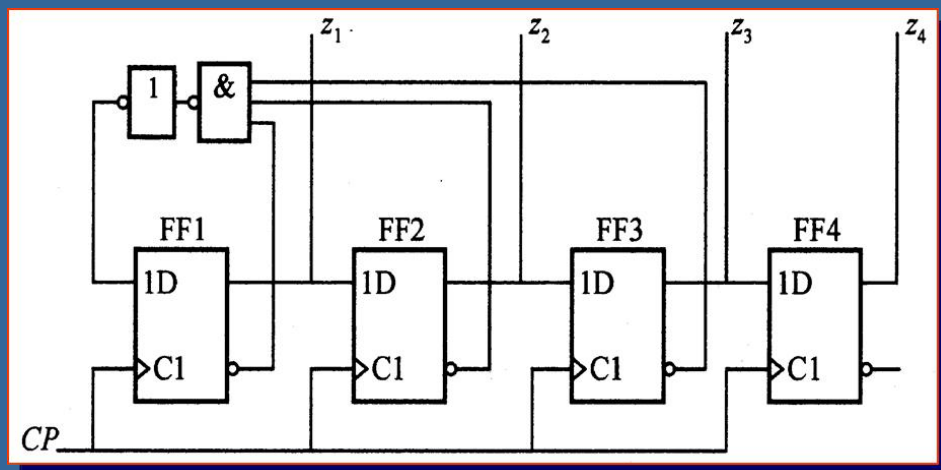
(1) 米里型时序电路：

$$Z = F_1(X, Q^n)$$



(2) 莫尔型时序电路：

$$Z = F_1(Q^n)$$

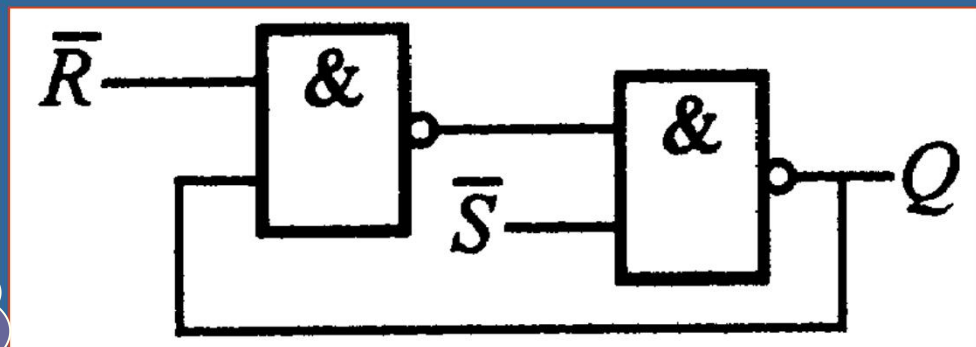


时序电路与组合电路比较

	组合电路	时序电路
定义 (功能)	电路在某一时刻的稳定输出,仅取决于该时刻的输入信号,而与输入信号作用前电路原来的状态无关。	电路在某一时刻的稳定输出,不仅取决于该时刻的输入信号,而且还取决于电路过去输入所确定的状态。
电路结构	门电路(与、或、非门等)及中规模组合逻辑器件(全加器、比较器、译码器和数据选择器等)构成,无储能元件。	(组合逻辑电路) + (储能元件)
描述方式	真值表、逻辑表达式、逻辑电路图、波形图	状态真值表、状态转换表、状态图、状态方程、输出方程、时序波形图、逻辑电路图 etc

触发器具有记忆功能的基本原理

为什么R、S
上加一横？



电路分析：

- 当 $\bar{R}=0$ 、 $\bar{S}=1 \rightarrow Q=0$ 时
 \bar{R} 由 0 变为 1，即 $\bar{R} = \bar{S} = 1$ 时，Q 保持为 0
- 当 $\bar{R}=1$ 、 $\bar{S}=0 \rightarrow Q=1$ 时
 \bar{S} 由 0 变为 1，即 $\bar{R} = \bar{S} = 1$ 时，Q 保持为 1

可见， $\bar{R} = \bar{S} = 1$ 时，Q=0 还是 1 与电路过去已存在的状态有关，即具有记忆性。而这种记忆性正是由于电路内部的存在反馈所形成的。

功能表

\bar{R}	\bar{S}	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	(与之前 值有关)
1	1	

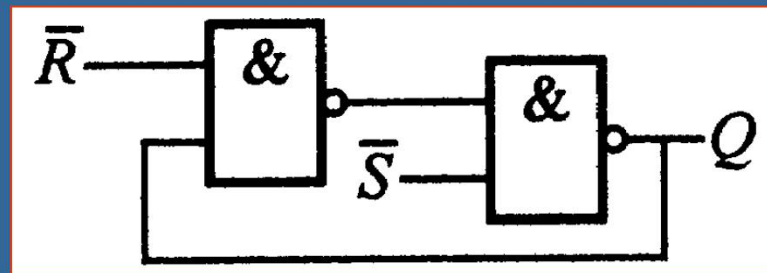
利用电路内部反馈 → 记忆性器件（如触发器） → 时序电路

常用触发器类型

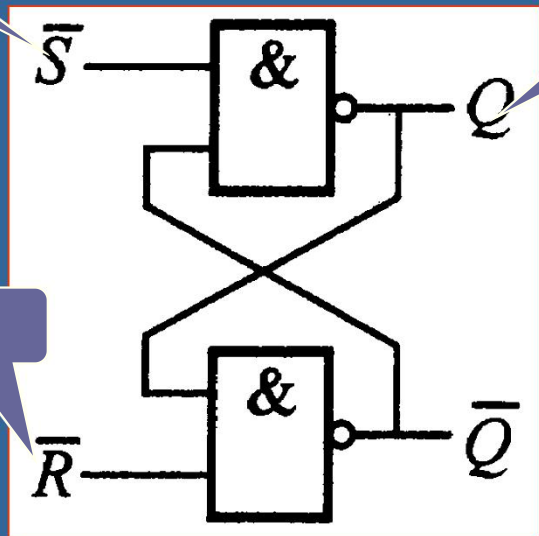
- ❑ 基本R-S触发器
- ❑ 时钟R-S触发器
- ❑ D触发器
- ❑ J-K触发器
- ❑ T与T' 触发器

基本的R-S触发器

与非门构成的基本R-S触发器



Set

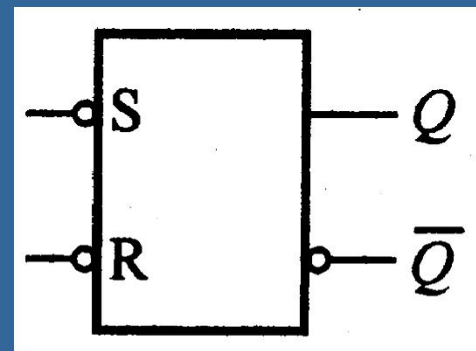


Reset

Q与 \bar{Q} 互补

Q=1, 状态1 (存储信息“1”)

Q=0, 状态0 (存储信息“0”)



逻辑符号

工作原理:

$\bar{R} = 0 \quad \bar{S} = 1 \rightarrow Q = 0, \bar{Q} = 1$ 置0或复位(Reset)

$\bar{R} = 1 \quad \bar{S} = 0 \rightarrow Q = 1, \bar{Q} = 0$ 置1或置位(Set)

$\bar{R} = 1 \quad \bar{S} = 1 \rightarrow Q, \bar{Q}$ 保持

$\bar{R} = 0 \quad \bar{S} = 0 \rightarrow Q = \bar{Q} = 1$ 非法