

时序电路

▼ 存储单元设计

▼ 锁存器

▼ S'-R'与非锁存器

▼ 0触发

- 存在亚稳态

▼ S-R或非锁存器

▪ 1触发

▼ 同步S-R锁存器

- 加入时钟信号C，通过与非门实现

▼ D锁存器

- 有使能信号C
- 避免了未定义态

▼ 触发器

▼ 主要优化方向：空翻现象

- 在一个时钟信号内，（输出作为输入）出现信号振荡引起输出值不确定的现象

▼ Master-Slave双S-R锁存器

▼ 时钟高电平Master接收输入，时钟低电平Slave同步信号

▼ 0-1-0 glitch问题

- ▼ 在时钟高电平时S有一个1的毛刺且R未及时置零，毛刺产生的错误信号将被传入Slave

▼ 解决方法

- 将接收输入的SR变成一个D
- 边沿触发

▼ D Master-Slave 触发器

▼ 正向D触发器

- Master的SR被D替换，可以自动修复采样时间内的毛刺问题
- 延迟输出标识

- ▼ 采样电平标识
 - 低电平采样
 - 高电平采样
- ▼ 直接输入端
 - ▼ 异步的，直接反馈到输出端，不经过时钟信号同步
 - 通常用于初始化
- ▼ 边沿采样D触发器
 - C处有三角形标识代表可以实现边沿采样
- ▼ 触发器的时间参数
 - ▼ set up time
 - 电平触发的set up time比边沿触发更久
 - ▼ hold time
 - $t_h < t_{pd}$

▼ 时序电路分析

- ▼ 功能分析
 - ▼ 状态方程
 - 输出方程
 - 输入方程（存储单元的输入）
 - 状态更新方程（存储单元输入经过存储单元变换之后的状态）
 - ▼ 状态表
 - ▼ 普通状态表
 - ▼ 输入
 - present state
 - input
 - ▼ 输出
 - next state
 - output
 - ▼ 二维状态表
 - present state

- next state (with input)
- output (with input)
- ▼ 状态图
 - ▼ Mealy型：输出由状态和输入联合决定
 - 响应速度更快
 - ▼ Moore型：输出只取决于当前状态
 - 同步时序电路
 - 设计的起点，分析的终点
 - ▼ 等价状态
 - 对任意输入都有一样的输出和下一状态
- ▼ 分析过程
 - 电路图
 - ▼ 状态方程
 - 输入、输出、状态变量
 - 初始化
 - 三块方程
 - 状态表
 - 状态图
 - 功能
- ▼ 时间分析
 - 决定时钟周期，保证在一个时钟周期内完成状态更新，时序电路正常工作
 - ▼ 延时内容
 - 组合电路延时
 - ▼ 触发器延时
 - 电平触发的setup time需要覆盖整个pulse
 - ▼ 电路松弛时间
 - 非负
 - ▼ 时间分析过程
 - ▼ 确定触发方式

▼ 边沿触发

- 算出每一路的延时 $T_{pi} = T_{pd,FF} + T_{pd,COMB} + T_s + T_{slack}$ (一般认为非负即可)
- 取 $T_p = \max\{T_{pi}\}$
- 频率就是 T_p 的倒数

▼ 电平触发

- 算出每一路的延时 $T_{pi} = 2 * \max\{T_{pd,FF} + T_{pd,COMB}, T_s\}$
- 取 $T_p = \max\{T_{pi}\}$
- 频率就是 T_p 的倒数

▼ 注意点

- $T_{h,FF}$ 包含在 $T_{pd,FF}$ 内, 但是 T_s 没有
- 触发器的Q'并没有实际的INV的延时

▼ 边沿触发的positive clock edge问题

▼ to positive clock edge

- 加 T_s

▼ from positive clock edge

- 不用加 T_s

▼ 时序电路设计

▼ 触发器的数量取决于状态的数量, n个触发器可以表示 2^n 个状态

- 设计一般围绕触发器的输入输出展开

▼ 设计步骤

▼ 根据功能确定状态并绘制状态图, 补全所有状态的转换方式

- 米勒转摩尔: 加入更多的状态使输出与输入无关
- 根据状态图写出状态表, 一般采用二位状态表
- 选择合适的状态编码

▼ 引入合适的触发器并对应其激励方程, 结合状态表写出状态方程

▼ 触发器

▼ 方程

▼ 特征方程

- 由当前状态和输入推下一状态

- ▼ 激励方程
 - 由当前状态和下一状态推输入
- ▼ 常用触发器
 - ▼ JK触发器
 - 00保持
 - 10置1
 - 01置0
 - 11翻转
 - ▼ T触发器
 - 0保持
 - 1翻转
 - ▼ D触发器
 - $Q=D$
 - ▼ RS触发器
 - 11非法
 - 00保持
 - S1R0置1
 - S0R1置0
 - ▼ 触发器的转换
 - 给定触发器+组合电路=目标触发器
 - ▼ 步骤
 - 结合给定触发器的特性方程和目标触发器的激励方程绘制给定触发器输入+Q作为输入、目标触发器状态作为输出的卡诺图并求解
 - 工艺映射及优化
- ▼ 状态图表达的简化
 - 用布尔表达式替换01变量