

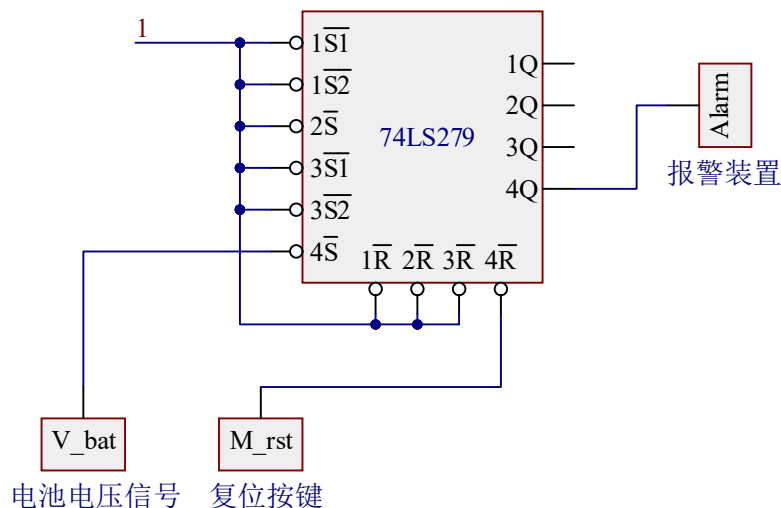
第 5 次作业（参考答案）

1. 在某型无人机电源管理系统设计中，需要对电池欠压进行监控并实现报警状态的锁存。比较器在检测到电池电压低于安全阈值时，会输出一个低电平信号 $V_{bat} = 0$ ，否则输出高电平 $V_{bat} = 1$ 。要求一旦触发欠压，报警指示灯（Alarm 端，高电平点亮）需持续保持点亮，即使电压恢复正常也不能解除，直到地勤人员按下复位按钮（输出低电平脉冲 M_{rst} ）才能关闭报警。系统选用了一片 74LS279 芯片，其内部包含 4 个独立的基本 SR 触发器。请完成：

- (1) 根据芯片逻辑符号，说明该芯片中的触发器是低电平输入有效还是高电平输入有效？
 V_{bat} 信号和 M_{rst} 信号应分别连接到该触发器的哪个输入端？
- (2) 画出该电路的接线图（注意闲置引脚的处理）。
- (3) 写出该 SR 触发器的特性方程，并写出它在正常工作时必须遵守的约束条件。
- (4) 如果地勤人员在电池仍然处于欠压状态时，一直按住复位按钮不松手，此时能关闭报警吗？为什么？

答：（1）低电平输入有效； V_{bat} 信号应接到置位端 \bar{S} ，而 M_{rst} 信号应接到复位端 \bar{R} 。

（2）电路图如下



（3）通过卡诺图的方式，可用写出该 SR 触发器的特性方程为

$$Q^{n+1} = \bar{S} + Q \cdot \bar{R}$$

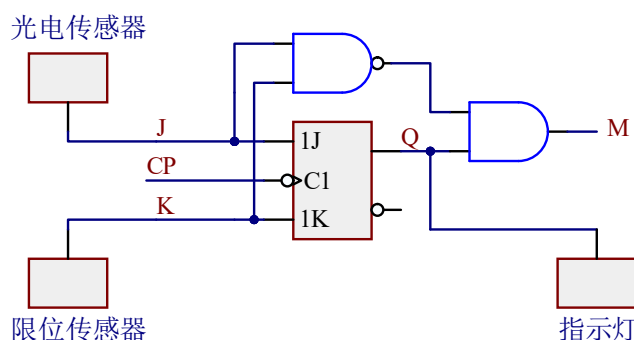
约束条件为输入端不能同时为低电平，即输入需满足 $\bar{S} + \bar{R} = 1$ 或者 $\bar{S} \cdot \bar{R} = 0$ 。

（4）无法关闭报警。理由：欠压输出的低电平 V_{bat} 已经使 \bar{S} 端有效，触发器状态 Q 已经为高电平，此时给 \bar{R} 端输入低电平会导致 \bar{S} 和 \bar{R} 同时有效，为非法输入，无法将 Q 复位；从该触发器内部来看， \bar{S} 端和 Q 中间是一个与非门，只要 \bar{S} 为 0，则 Q 必为 1。

2. 在某自动化车间的物料传送带控制系统中，工程师使用了一片下降沿触发的 JK 触发器来控制电机驱动模块。系统输出 $M=1$ 时电机运转， $M=0$ 时电机停止。系统的输入端配置如下：

- 起始端光电传感器连接到 J 端，当检测到有物料放上时，输出 $J=1$ ；无物料时 $J=0$ 。
- 末端限位传感器连接到 K 端，当检测到物料到达终点时，输出 $K=1$ ；未到达时 $K=0$ 。
- 系统主控板提供一个 10Hz 的连续方波作为采样时钟 CP 。

设传送带初始为空（电机停止， $Q=0$ ， $M=0$ ）。该控制电路图如下



请结合 JK 触发器的特性，分析以下四种工况下，时钟有效沿到来后电机的状态：

- (1) 启动工况：工人将物料放到起始端，且末端为空。此时 J 和 K 的状态是什么？输出 M 变为多少？
- (2) 传输工况：物料离开起始端，正在传送带中间移动（两端传感器均未触发）。此时 J 和 K 的状态是什么？输出 M 会发生什么变化？这体现了触发器的什么功能？
- (3) 到位工况：物料到达末端，等待机械臂抓取（起始端无新物料）。此时 J 和 K 的状态是什么？输出 M 变为多少？
- (4) 报警工况：由于传感器故障或人为误操作，导致起始端和末端同时被触发，此时 J 和 K 的状态是什么？输出 M 为多少？触发器状态 Q 会呈现什么状态？电机和指示灯分别有何现象？
- (5) 若给出时钟信号和输入信号的部分波形如下，请绘制状态 Q 对应的波形图。

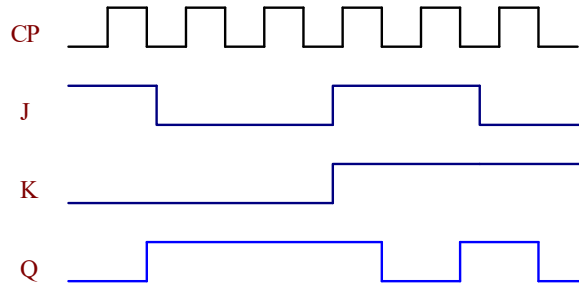
答：(1) 启动工况： $J=1$ ， $K=0$ 。时钟下降沿到来后，输出 $Q=1$ ， $M = \overline{J \cdot K} \cdot Q = 1$ ，电机启动。

(2) 传输工况： $J=0$ ， $K=0$ 。时钟下降沿到来后，输出 $Q^{n+1} = Q = 1$ ， $M = \overline{J \cdot K} \cdot Q = 1$ 。电机保持运转。这体现了触发器的锁存（记忆/保持）功能。

(3) 到位工况： $J=0$ ， $K=1$ 。时钟下降沿到来后，输出 $Q=0$ ， $M = \overline{J \cdot K} \cdot Q = 0$ ，电机停止。

(4) 故障工况： $J=1, K=1$ 。输出 $M = \overline{J \cdot K} \cdot Q = 0$ ，此时无需等待时钟沿到来，电机立即停止。时钟沿到来后， $Q^{n+1} = \bar{Q}$ （触发器状态翻转）。由于 CP 是 10Hz 的连续时钟，此时 Q 会在 1 和 0 之间持续跳变，所以指示灯会以 5Hz 频率闪烁。

(5) 绘制波形图如下



3. 自动化 AGV 小车在车间行驶时，车顶警示灯的闪烁逻辑由一个下降沿 T 触发器控制。警示灯驱动端接在触发器的输出 Q 上（ $Q=1$ 灯亮， $Q=0$ 灯灭）。系统提供一个稳定的 2Hz 时钟脉冲接在 CP 端。AGV 的安全主控芯片输出一个“危险模式使能”信号 $Warning_En$ ，直接连接到触发器的 T 端。请完成：

- (1) 写出 T 触发器的特性方程。
- (2) 当 AGV 在安全区域正常行驶时，主控输出 $Warning_En = 0$ 。假设此时警示灯初始为熄灭状态，请问在连续的时钟脉冲作用下，警示灯会闪烁吗？为什么？
- (3) 当 AGV 驶入人员密集区时，主控输出 $Warning_En = 1$ 并保持。请问此时输出 Q 会呈现什么波形？警示灯的闪烁频率是多少（单位：Hz）？
- (4) 现场维护时发现该 T 触发器损坏，由于仓库中只有图中的 JK 触发器。请给出用 JK 触发器替换 T 触发器的接线图。

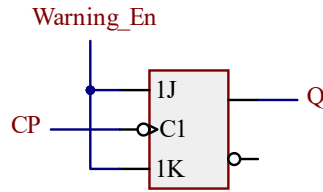
答：(1) T 触发器的特性方程

$$Q^{n+1} = T\bar{Q} + \bar{T}Q = T \oplus Q$$

(2) 安全区域正常行驶时不会闪烁。因为此时 $T = Warning_En = 0$ ，代入特性方程得 $Q^{n+1} = Q$ 。触发器处于状态保持模式，输出 Q 一直保持为 0，即警示灯保持熄灭状态。

(3) 当驶入人员密集区时， $T = Warning_En = 1$ ，代入特性方程得 $Q^{n+1} = \bar{Q}$ ，触发器进入翻转模式。此时每一个时钟下降沿到来， Q 都会翻转一次，输出方波。因为时钟 CP 是 2Hz，需要经过 2 个时钟周期，输出 Q 才能完成一次完整的 0-1-0 循环，因此输出方波的频率是 1Hz，警示灯闪烁频率也是 1Hz。

(4) JK 触发器替换 T 触发器的接线图如下

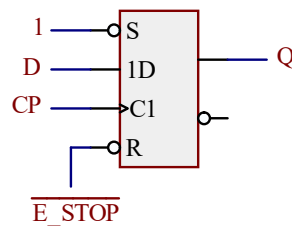


4. 在全自动化生产线上，机械臂的某个动作使能信号 Q 由系统主时钟 CP 和控制数据 D 同步决定。但安全规范要求，必须接入“光幕传感器”作为最高优先级的急停保护。一旦有人闯入光幕，急停信号 $\overline{E_STOP}$ 变为低电平，动作使能信号 Q 必须立刻被强制清零，且不受主时钟的控制。系统使用带有异步置位端 $\overline{S_D}$ 和异步复位端 $\overline{R_D}$ 的上升沿 D 触发器。请完成：

- (1) 为了实现上述安全逻辑，主控数据接入 D 端，系统时钟接入 CP 端。请问急停信号 $\overline{E_STOP}$ 应该接在哪个引脚上？另一个未使用的异步控制引脚应该接什么电平，为何这样接？
- (2) 画出电路图（触发器的外接信号源可不画，只在其引脚处标注信号名称即可）。
- (3) 简述异步控制端优先级高于时钟同步端在实际工业控制中的意义。
- (4) 已知该触发器的输入 CP 、 D 以及异步复位端 $\overline{R_D}$ 的波形如下，请画出状态 Q 的波形。

答：（1）急停信号 $\overline{E_STOP}$ 应该接在异步复位引脚 $\overline{R_D}$ 。未使用的异步引脚为 $\overline{S_D}$ ，应接高电平，保证触发器正常工作；如果给 $\overline{S_D}$ 悬空或接低电平会导致触发器被误强制置1，干扰正常工作。

（2）电路图如下



（3）工业控制中，安全指令（如急停）是最高优先级，其意义在于：异步端不受时钟周期的束缚，可以在故障发生的瞬间做到“零延时”阻断危险动作，防止等待下一个时钟沿期间造成的安全事故。

（4）波形图绘制如下

