

Робот в лабиринте

Требуется дополнить схемы в прилагающемся файле `lab.circ` схемой управления роботом, передвигающимся по лабиринту размера 4x4.

Терминология

$M[i, j]$ — так будем обозначать ячейку лабиринта в i -й строке и j -м столбце, нумерация с нуля.

Флаг = сигнал ширины 1. Флаг поднят = сигнал имеет значение 1. Флаг опущен = сигнал имеет значение 0. Флаг поднимается = передний фронт сигнала. Флаг опускается = задний фронт сигнала.

Схема управления роботом

Порты

Входы:

- `clk`, ширина 1: тактовый.
- `rst`, ширина 1: асинхронный сброс.
- `start`, ширина 1: флаг выполнения действия.
- `act`, ширина 2: действие для выполнения
- Проходы лабиринта. Значение сигнала 1 означает, что в указанном месте расположен проход, 0 — препятствие (стена, прохода нет). Проходы передаются через 7 шин, места перечисляются от старшего (левого) бита к младшему:
 - `r1`, ширина 3: проходы между $M[0,0]$ и $M[0,1]$, $M[0,1]$ и $M[0,2]$, $M[0,2]$ и $M[0,3]$.
 - `r2`, ширина 4: проходы между $M[0,0]$ и $M[1,0]$, $M[0,1]$ и $M[1,1]$, $M[0,2]$ и $M[1,2]$, $M[0,3]$ и $M[1,3]$.
 - `r3`, ширина 3: проходы между $M[1,0]$ и $M[1,1]$, $M[1,1]$ и $M[1,2]$, $M[1,2]$ и $M[1,3]$.
 - `r4`, ширина 4: проходы между $M[1,0]$ и $M[2,0]$, $M[1,1]$ и $M[2,1]$, $M[1,2]$ и $M[2,2]$, $M[1,3]$ и $M[2,3]$.
 - `r5`, ширина 3: проходы между $M[2,0]$ и $M[2,1]$, $M[2,1]$ и $M[2,2]$, $M[2,2]$ и $M[2,3]$.
 - `r6`, ширина 4: проходы между $M[2,0]$ и $M[3,0]$, $M[2,1]$ и $M[3,1]$, $M[2,2]$ и $M[3,2]$, $M[2,3]$ и $M[3,3]$.
 - `r7`, ширина 3: проходы между $M[3,0]$ и $M[3,1]$, $M[3,1]$ и $M[3,2]$, $M[3,2]$ и $M[3,3]$.

Выходы:

- `row`, ширина 2: ряд.
- `col`, ширина 2: столбец.
- `dir`, ширина 2: направление.
- `active`, ширина 1: флаг активности робота.

Устройство

Флаг `active` после сброса опущен (робот неактивен). При поднятии флага `start` флаг активности тоже немедленно поднимается (теперь робот активен), после этого робот выполняет действие как описано ниже, и по завершении действия флаг `active` немедленно опускается (робот снова неактивен). При разработке и моделировании схемы следует считать, что во время выполнения действия флаг `start` опущен.

В остальном это синхронная схема, устроенная так.

Всевозможные направления робота:

- вверх (0) — от второго ряда к первому;
- вниз (1) — от первого ряда ко второму;
- вправо (2) — от первого столбца ко второму;
- влево (3) — от второго столбца к первому.

У робота всегда есть положение (ряд и столбец) и направление, непрерывно выводящиеся в выходы `row`, `col` и `dir` соответственно. После сброса робот устанавливается в правый нижний угол (ряд 3, столбец 3) и направлен вверх.

Если `active(t) = 1` и робот не находится в режиме выполнения действия в этот момент, то он переходит в режим выполнения действия. После сброса робот не находится в режиме выполнения действия.

Находясь в режиме выполнения действия, робот делает следующее:

- Если `act = 0`, то поворачивается на 90 градусов по часовой стрелке (вправо) и немедленно выходит из режима выполнения действия. Действие завершено.

- Если `act = 1`, то поворачивается на 90 градусов против часовой стрелки (влево) и немедленно выходит из режима выполнения действия. Действие завершено.
- Если `act = 2`, то поворачивается на 180 градусов и немедленно выходит из режима выполнения действия. Действие завершено.
- Если `act = 3`, то робот движется вперёд до упора: если впереди по направлению `dir` есть проход, то он перемещается на одну ячейку вперёд и остаётся в режиме выполнения действия, а иначе остаётся на месте и немедленно выходит из режима выполнения действия, и во время выхода из режима действие завершается.