

# Controlador de Semáforo

Fernando Moraes  
07/maio/2026

Um cruzamento possui dois semáforos: **NS**, Norte-Sul; e **LO**, Leste-Oeste. O sistema recebe sensores de presença de veículos e deve calcular, com lógica combinacional, qual estado de sinal exibir em cada semáforo e ativar um aviso sonoro em caso de solicitação feita por pedestre.

## 1. Entradas e Saídas

|          | Sinais    | Bits | Significado   |
|----------|-----------|------|---|
| Entradas | sensor_ns | 1    | Veículo presente na via Norte-Sul                               |
|          | sensor_lo | 1    | Veículo presente na via Leste-Oeste                             |
|          | modo      | 2    | Modo de operação (ver tabela abaixo)                            |
| Saídas   | nsLD      | 3    | Assume três valores: 100 (verde), 010 (laranja), 001 (vermelho) |
|          | loLD      | 3    | Assume três valores: 100 (verde), 010 (laranja), 001 (vermelho) |
|          | som       | 1    | Quando o modo 'pedestre' estiver ativo                          |

| Modos de operação – modo | Significado                           |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 2'b00                    | Normal - prioridade pelo sensor       |
| 2'b01                    | Pedestre - ambos semáforos fechados   |
| 2'b10                    | Emergência - ambos semáforos fechados |
| 2'b11                    | Manutenção - ambos semáforos laranjas |

## 2. Módulos a implementar (no mesmo arquivo – controlador.sv)

**2.1** Codificador. Recebe `modo[1:0]`, `sensor_ns`, e `sensor_lo`. Produz um vetor interno `cmd[2:0]` (*logic [2:0] cmd;*) que representa a ação a ser tomada:

| modo | sensor_ns | sensor_lo | CMD    | SIGNIFICADO  |
|------|-----------|-----------|--------|--|
| 00   | 0         | 0         | 3'b000 | Sem veículos - nsLD verde / loLD vermelho            |
| 00   | 1         | 0         | 3'b001 | Apenas NS tem veículo — nsLD verde / loLD vermelho   |
| 00   | 0         | 1         | 3'b010 | Apenas LO tem veículo — nsLD vermelho / loLD verde   |
| 00   | 1         | 1         | 3'b011 | Ambos têm veículo – nsLD verde / loLD vermelho       |
| 01   | x         | x         | 3'b100 | Pedestre solicitado (luzes em vermelho) e som ligado |
| 10   | x         | x         | 3'b101 | Emergência (luzes em vermelho)                       |
| 11   | x         | x         | 3'b110 | Manutenção (luzes em laranja)                        |

**Sugestão** (pode usar qualquer outro método para a codificação): com **case (modo)** testar {01, 10, 11} e default {00}. No caso default do **modo** use outro **case ({sensor\_ns, sensor\_lo})**.

O objetivo do codificador é exercitar lógica combinacional – próxima parte.

**2.2** Atribuição das saídas utilizado operadores ~ (not), & (and), | (or):

```

assign nsLD[2] = _____; // verde NS
assign nsLD[1] = _____; // laranja NS
assign nsLD[0] = _____; // vermelho NS
assign loLD[2] = _____; // verde LO
assign loLD[1] = _____; // laranja LO
assign loLD[0] = _____; // vermelho LO
assign som = _____;

```

Preencher a tabela abaixo para cada bit de saída. Determine a equação Booleana para cada saída, utilizando um método de minimização Booleana (se necessário).

| CMD | verde   | laranja | vermelho | verde   | laranja | vermelho | som |
|-----|---------|---------|----------|---------|---------|----------|-----|
|     | nsLD[2] | nsLD[1] | nsLD[0]  | loLD[2] | loLD[1] | loLD[0]  |     |
| 000 | 1       | 0       | 0        | 0       | 0       | 1        | 0   |
| 001 |         |         |          |         |         |          |     |
| 010 |         |         |          |         |         |          |     |
| 011 |         |         |          |         |         |          |     |
| 100 |         |         |          |         |         |          |     |
| 101 |         |         |          |         |         |          |     |
| 110 |         |         |          |         |         |          |     |
| 111 |         |         |          |         |         |          |     |

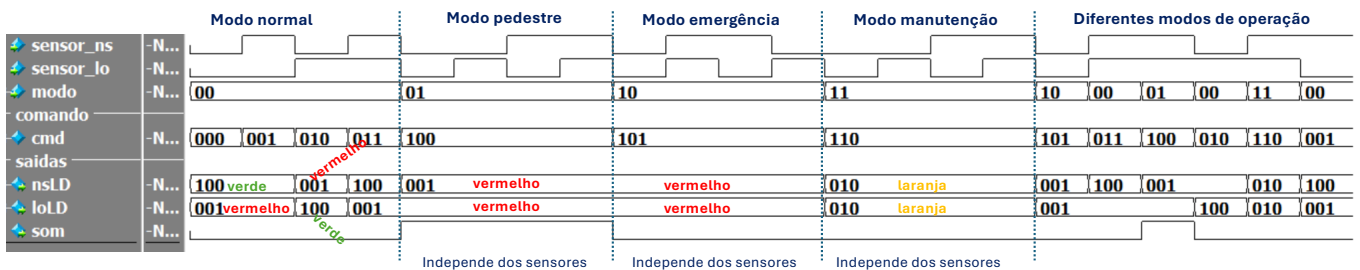
Uma vez determinada as equações Booleanas, codificar as mesmas. Por exemplo:

```

assign nsLD[2] = cmd[2] & (cmd[1] | ~cmd[0]); // é exemplo, está incorreto

```

**3. Simular**



Além das formas de ondas fornecidas, o *test bench* é auto-testável. No console do Modelsim serão impressas as seguintes mensagens, em caso de codificação correta:

```

=====
TESTBENCH - Controlador de Semáforo
=====

--- Modo normal -----
OK [normal          ] [modo=00 sns=0 sle=0] ns=100 VERDE    le=001 VERM     som=0
OK [normal          ] [modo=00 sns=1 sle=0] ns=100 VERDE    le=001 VERM     som=0

```

OK [normal ] [modo=00 sns=0 sle=1] ns=001 VERM 1e=100 VERDE som=0  
OK [normal ] [modo=00 sns=1 sle=1] ns=100 VERDE 1e=001 VERM som=0

--- Modo pedestre -----

OK [pedestre ] [modo=01 sns=0 sle=0] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=1  
OK [pedestre ] [modo=01 sns=0 sle=1] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=1  
OK [pedestre ] [modo=01 sns=1 sle=0] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=1  
OK [pedestre ] [modo=01 sns=1 sle=1] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=1

--- Modo emergencia -----

OK [emergencia ] [modo=10 sns=0 sle=0] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=0  
OK [emergencia ] [modo=10 sns=1 sle=1] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=0  
OK [emergencia ] [modo=10 sns=1 sle=0] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=0  
OK [emergenciao ] [modo=10 sns=0 sle=1] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=0

--- Modo manutenção -----

OK [manutencao ] [modo=11 sns=0 sle=0] ns=010 LARANJA 1e=010 LARANJA som=0  
OK [manutencao ] [modo=11 sns=0 sle=1] ns=010 LARANJA 1e=010 LARANJA som=0  
OK [manutencao ] [modo=11 sns=1 sle=0] ns=010 LARANJA 1e=010 LARANJA som=0  
OK [manutencao ] [modo=11 sns=1 sle=1] ns=010 LARANJA 1e=010 LARANJA som=0

--- Alternancia entre modos ---

OK [emergencia ] [modo=10 sns=0 sle=0] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=0  
OK [normal 11 ] [modo=00 sns=1 sle=1] ns=100 VERDE 1e=001 VERM som=0  
OK [pedestre ] [modo=01 sns=1 sle=1] ns=001 VERM 1e=001 VERM som=1  
OK [normal 00 ] [modo=00 sns=0 sle=1] ns=001 VERM 1e=100 VERDE som=0  
OK [manutencao ] [modo=11 sns=1 sle=1] ns=010 LARANJA 1e=010 LARANJA som=0  
OK [normal 10 ] [modo=00 sns=1 sle=0] ns=100 VERDE 1e=001 VERM som=0

=====

RESULTADO FINAL

Passou : 22

Falhou : 0

Total : 22

Status : TODOS OS TESTES PASSARAM

=====