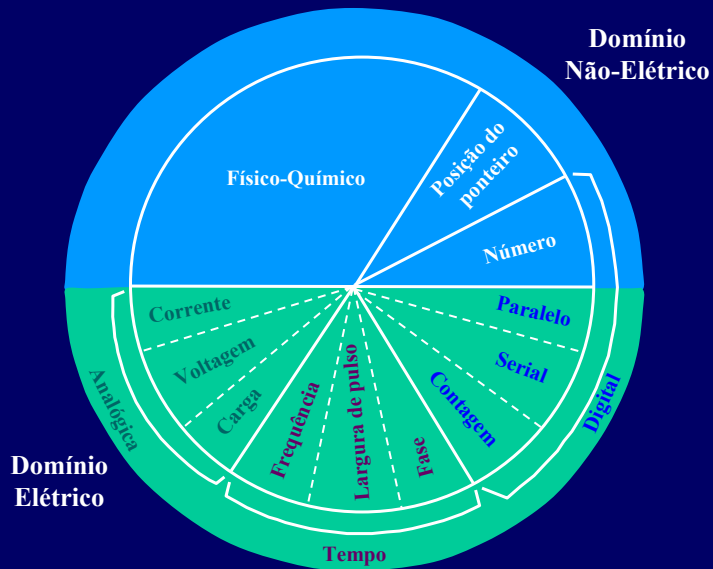


Domínio de dados



ELETRÔNICA DIGITAL

- **sinais digitais:** discretos
- **2 estados possíveis:** níveis lógicos
 - ALTO: high = HI = 1 = +5 V
 - BAIXO: low = LO = 0 = 0 V
- **bit:** BI-nary digiT

ELETRÔNICA DIGITAL

nível lógico:

- um bit de um número
- chave aberta / fechada
- sinal presente / ausente
- sinal analógico acima / abaixo de um limite
- evento ocorreu / não ocorreu
- ação deve / não deve ser realizada

• microcomputador utiliza sinais digitais:

- conversor A/D
- conversor D/A

• transmissão de sinais:

- menos afetada por ruídos e/ou interferências
- paralela ou serial

Números Decimais, Binários e Hexadecimais

- **decimais:** - base 10
- representados por dígitos 0 - 9

$$157 = 1 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

- **binários:** - base 2
- representados por dígitos 0 - 1

$$157 = 10011101$$

$$1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

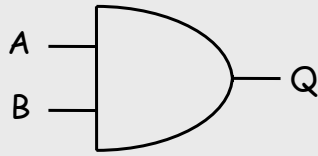
| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| bit 7 | bit 6 | bit 5 | bit 4 | bit 3 | bit 2 | bit 1 | bit 0 |
| MSB | | | | | | | LSB |

- **hexadecimais:** - base 16
- representados por dígitos 0 - F

$$157 = 9D = (1001 + 1101 = 10011101)$$

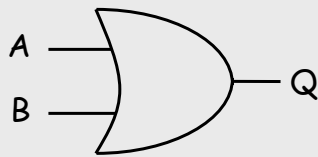
Portas Lógicas

- porta AND (E):



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

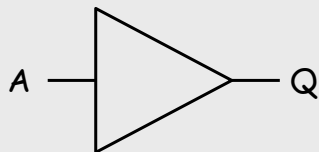
- porta OR (OU):



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

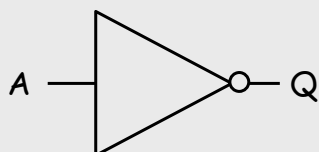
Portas Lógicas

- porta EQ (buffer):



| A | Q |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

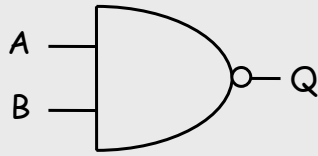
- porta NOT (NÃO = inversora):



| A | Q |
|---|---|
| 1 | 0 |
| 0 | 1 |

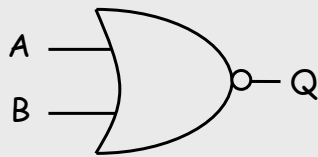
Portas Lógicas

- porta NAND:



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

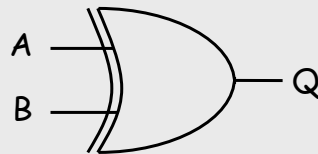
- porta NOR:



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

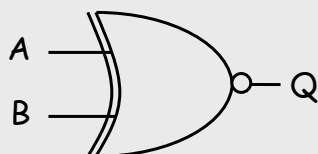
Portas Lógicas

- porta X-OR (exclusive OR):



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

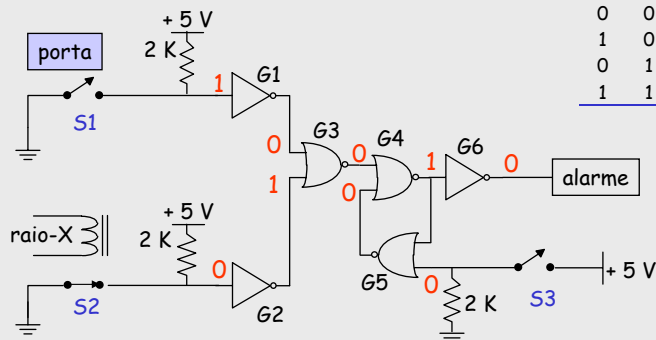
- porta X-NOR (exclusive NOR):



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Aplicação de Portas Lógicas

Porta aberta / raio-X desligado

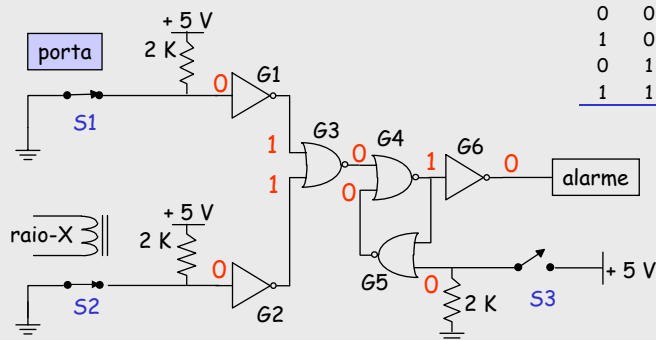


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta fechada / raio-X desligado

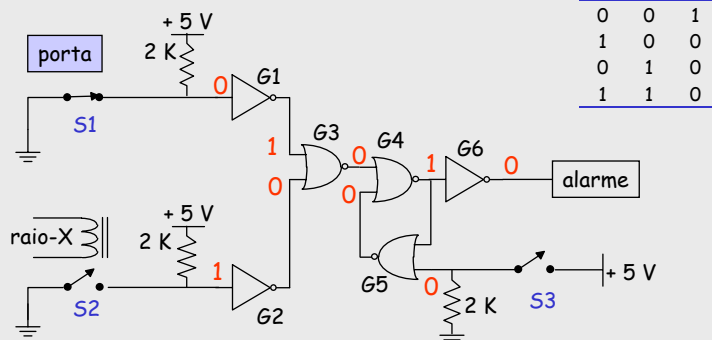


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta fechada / raio-X ligado

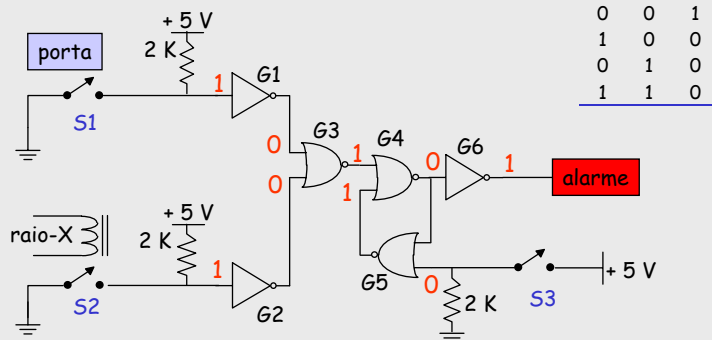


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta ABERTA / raio-X ligado

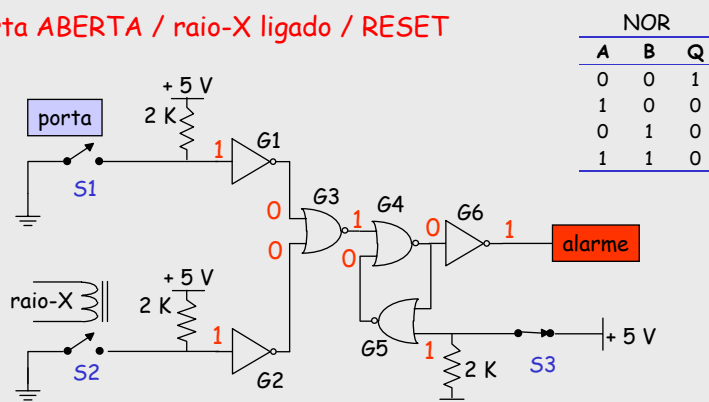


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta ABERTA / raio-X ligado / RESET

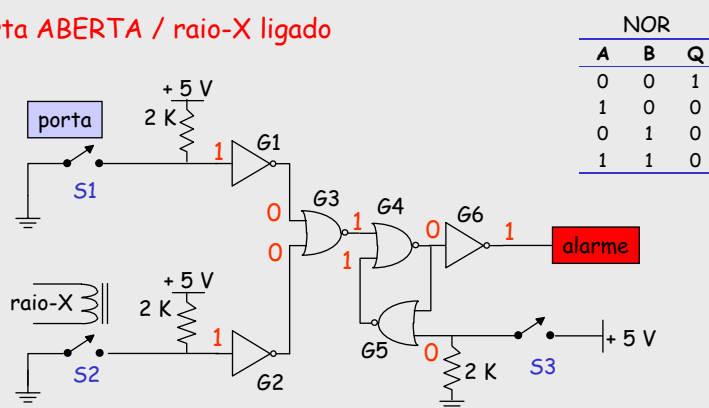


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta ABERTA / raio-X ligado

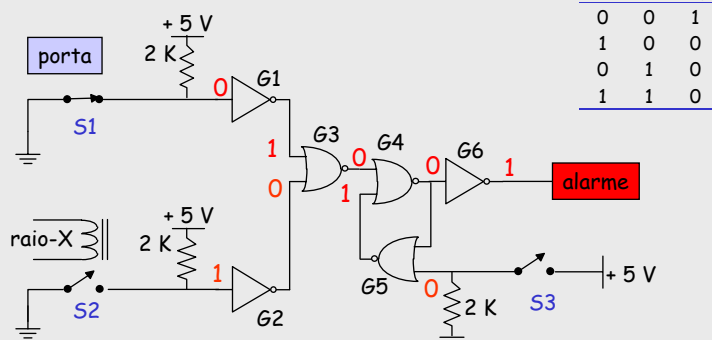


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta fechada / raio-X ligado

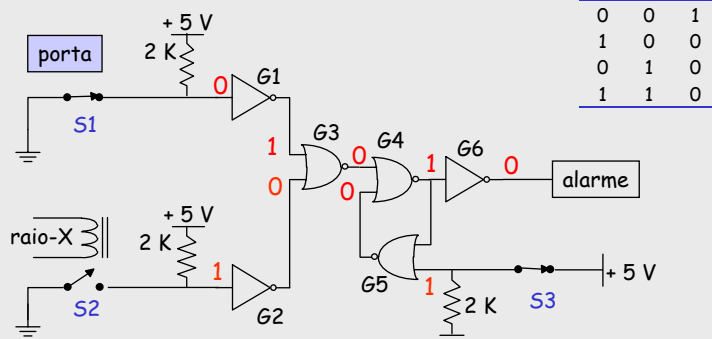


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

Porta fechada / raio-X ligado / RESET

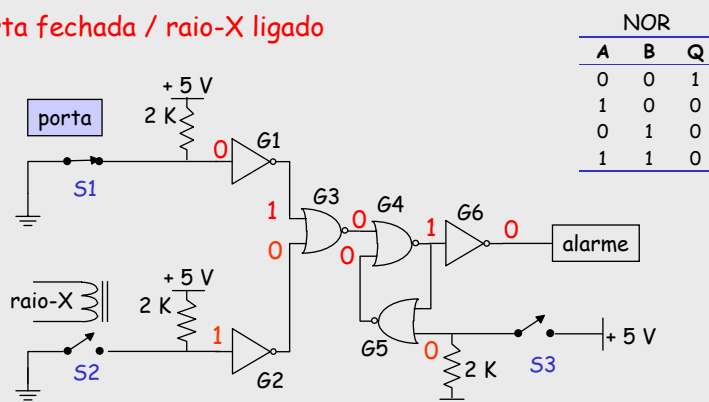


| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas

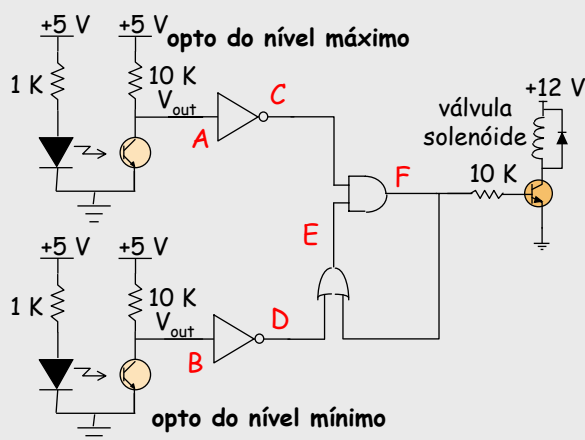
Porta fechada / raio-X ligado



| NOR | | |
|-----|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

- S1:** fechada quando porta está fechada
- S2:** fechada quando gerador de raios-X está desligado
- S3:** chave para reset do alarme (aberta)

Aplicação de Portas Lógicas



Exemplo de circuito lógico para regular nível de água

opto: V_{out} depende da intensidade de luz que incide no fototransistor.

ex.: **ar:** $V_{out} = 0,0\text{ V}$ **água:** $V_{out} = 5,0\text{ V}$

Família de Portas Lógicas

- **características:**

- níveis usados para representar HI e LO
- velocidade de mudança de nível
- nº de entradas que podem ser conectadas a uma única saída (fan-out)
- potência requerida para operar cada porta
- imunidade a ruídos

- **principais famílias:**

TTL (transistor-transistor logic)
família **74**

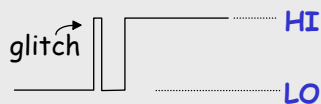
C-MOS (complementary metal oxide silicon)
famílias **4000, 74C**

Família TTL

- **alimentação:** + 5 V e GND
- **níveis:** **HI** 2,4 - 5,0 V (típico 3,5 V)
LO 0 - 0,8 V
- **tempo de propagação:** ~10 ns (até 25 - 35 MHz)
- **consumo:** 10 mW / porta
- **fan-out:** 10 (**LO**: saída 16 mA e entrada 1,6 mA)
- **spikes de corrente na alimentação:**



glitches: pulsos extremamente rápidos produzidos em uma porta durante a operação de outra porta



Família C-MOS

- **alimentação:** +3 - +15 V e GND
- **níveis:** **HI** + V_{cc} (alimentação)
LO 0 V
transição $1/2 V_{cc}$
- **velocidade:** depende de V_{cc} 5 MHz $V_{cc} = +5 V$
10 MHz $V_{cc} = +10 V$
- **consumo:** 2 - 3 ordens de magnitude menor que TTL
- **fan-out:** > 50 saída: **HI** 0,2 mA e **LO** 0,5 mA, $V_{cc} +5 V$
entrada: muito baixa (FET)
- **spikes e glitches:** menos prováveis
- **cuidados:** - evitar eletricidade estática no manuseio
- não deixar entrada "flutuar" (+ V)

TTL: alta velocidade (com alto consumo)

C-MOS: baixo consumo (com velocidade pequena)

Portas Lógicas TTL e C-MOS

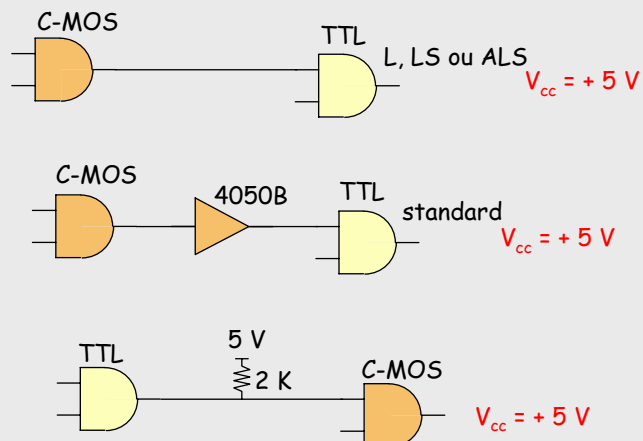
| nome | tipo | n° / chip | C-MOS* | TTL |
|--------|---------|-----------|-----------|-------|
| AND | 2-input | 4 | 4081 | 7408 |
| | 3-input | 3 | 4073 | 7411 |
| | 4-input | 2 | 4082 | 7421 |
| NAND | 2-input | 4 | 4011 | 7400 |
| | 3-input | 3 | 4023 | 7410 |
| | 4-input | 2 | 4012 | 7420 |
| | 8-input | 1 | 4068 | 7430 |
| OR | 2-input | 4 | 4071 | 7432 |
| | 3-input | 3 | 4075 | - |
| | 4-input | 2 | 4072 | - |
| NOR | 2-input | 4 | 4001 | 7402 |
| | 3-input | 3 | 4025 | 7427 |
| | 4-input | 2 | 4002 | 7425 |
| INVERT | | 6 | 4049/4069 | 7404 |
| BUFFER | | 6 | 4503/4050 | 74365 |

(*) família 4000B

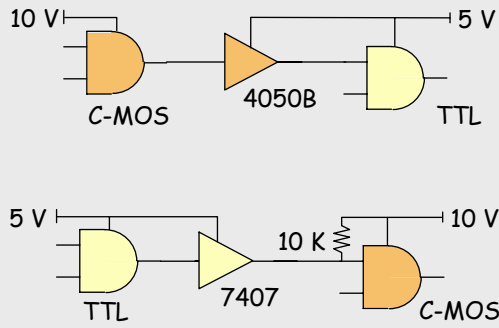
Portas Lógicas TTL e C-MOS

| família | código | velocidade/MHz | mW/porta |
|-----------------------------|--------|----------------|----------|
| standard | 7400 | 35 | 10 |
| High power | 74H00 | 50 | 22 |
| Low power | 74L00 | 3 | 1 |
| Schottky | 74S00 | 125 | 19 |
| Low power Schottky | 74LS00 | 45 | 2 |
| Advanced Low power Schottky | 74ALS | 90 | 1 |
| Fast | 74F00 | 150 | 6 |

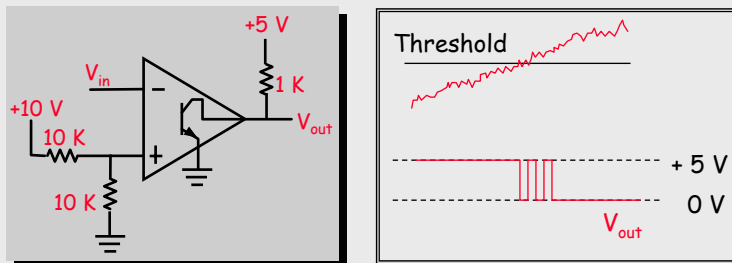
Conexões entre TTL e C-MOS



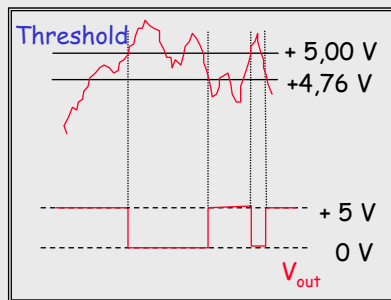
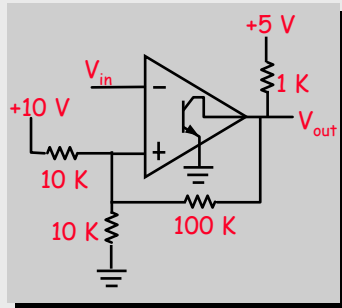
Conexões entre TTL e C-MOS



Geração de Sinais Lógicos comparador sem realimentação

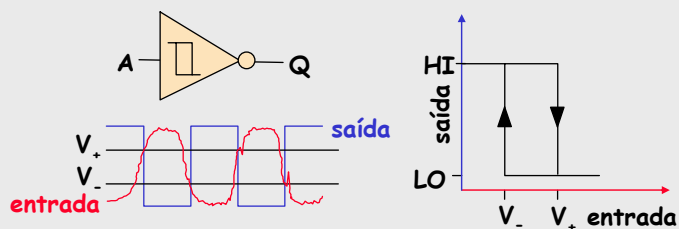


Geração de Sinais Lógicos comprador com realimentação (Schmitt trigger)



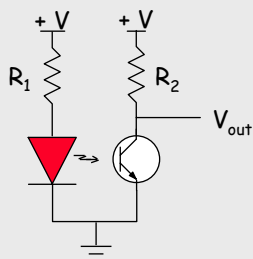
Geração de Sinais Lógicos

- comparador
- comparador com Schmitt Trigger
- **porta Schmitt Trigger:**
 - transições rápidas



Geração de Sinais Lógicos

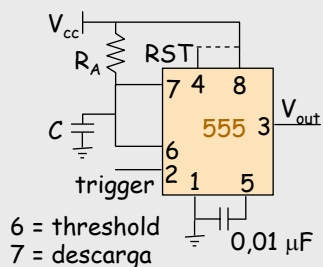
- sensores ópticos (opto-switches):



- sensor aberto, $V_{out} = LO$
- fotodiodo conduz
- sensor interrompido, $V_{out} = HI$
- fotodiodo não conduz


Geração de Sinais Lógicos CI 555

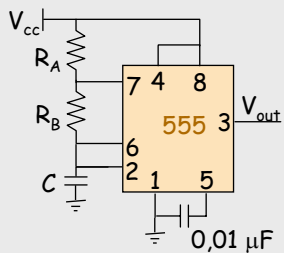
- temporizador (monostable):



- se $V_{trigger} < 1/3 V_{cc}$, $V_{out} = HI$
- C carrega até $2/3 V_{cc}$ (threshold)
- $V_{out} = HI$ durante $t = 1,1 \times R_A \times C$
- RST interrompe ciclo se aterrado
- aceita novo trigger após tempo t

Geração de Sinais Lógicos CI 555

- oscilador (astable) 



$$V_{cc} = 5 - 15 \text{ V}$$

- V no capacitor oscila entre $1/3 - 2/3 V_{cc}$
- $t_{carga} = 0,695 (R_A + R_B) \times C$ ($V_{out} = HI$)
- $t_{descarga} = 0,695 \times R_B \times C$ ($V_{out} = LO$)
- $f = 1,44 / [(R_A + 2 R_B) \times C]$
- $i_{pino\ 7} < 200 \text{ mA}$ (limita R_A)