

Atuadores

Em instrumentação Eletrônica, Atuador é um elemento que, a partir de um sinal elétrico, vai ser capaz de atuar na grandeza que se deseja controlar

- ♦A atuação ocorre dentro de limites pré-determinados que dependem do tipo e natureza do atuador
- ♦Em geral são necessárias potências elétricas relativamente altas para acionar um atuador, sendo necessário portanto circuitos de acionamento de potência, envolvendo altas correntes e/ou tensões.

Atuadores

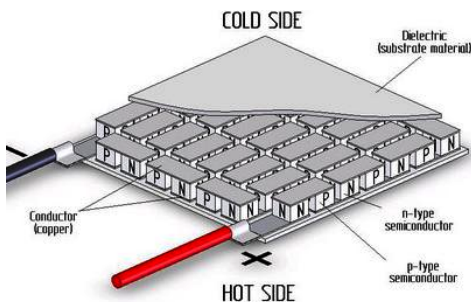
Exemplos de atuadores:

Mecânicos :

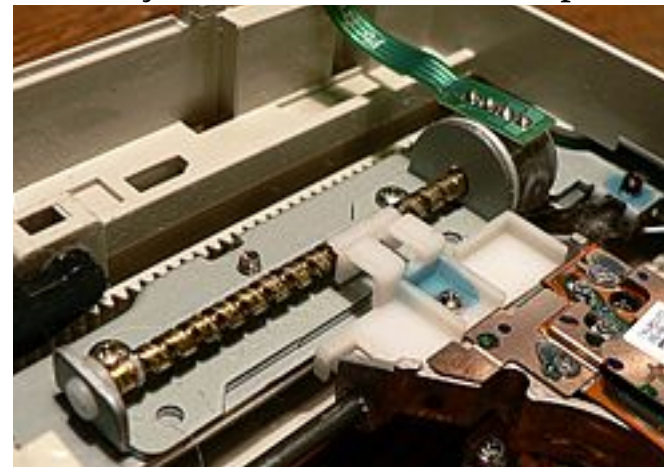
- Motor elétrico (DC, AC, de passo)
- Motor piezoelétrico
- Válvulas

Térmicos :

- Resistor de aquecimento
- Máquina térmica
- Elemento Peltier



Translação linear com motor de passo



Luminosos :

- Lâmpada incandescente
- LED
- Lâmpada fluorescente

LED de potência



Circuitos de Condicionamento de Atuadores

- São circuitos de potência que possibilitam o acionamento de atuadores (cargas) a partir de sinais de baixa intensidade (microcontroladores, AMPOP, portas lógicas)
- Principais atuadores usados em Instrumentação
 - Resistências (aquecimento)
 - Motores (deslocamento angular e linear, pressão, aquecimento/resfriamento, vazão, etc)
 - Lâmpadas (iluminância, aquecimento)
 - Válvulas (pressão, vazão)

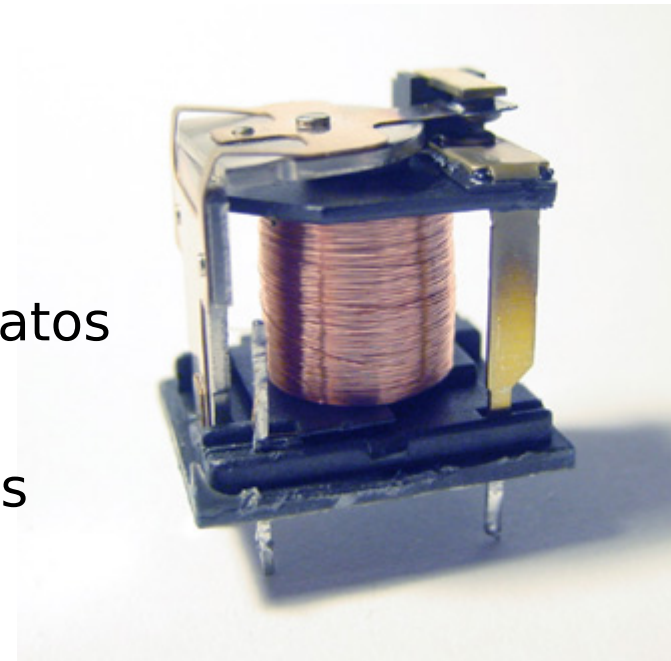
Circuitos de Condicionamento de Atuadores



- Fontes de Energia
 - Tensão DC
 - Tensão AC (rede elétrica)
- Modos de atuação
 - Contínuo
 - Chaveado
- Componentes de atuação
 - Relés
 - Transistores
 - Optoacopladores
 - SCRs e TRIACs

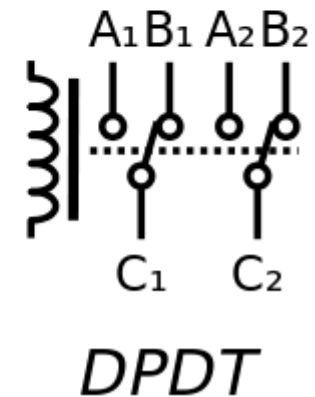
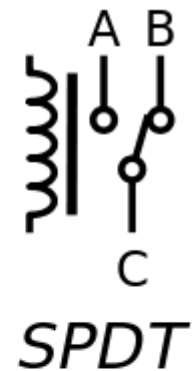
Relés

- Características principais:
 - Atuação em modo chaveado
 - Tensão DC ou AC
 - Isolação elétrica entre bobina e contatos
 - Tempos de comutação: 10^{-1} a 10^{-2} s
 - Tempo de vida: 10^4 a 10^6 comutações
 - Contatos NA e/ou NF
 - Corrente da bobina: 20 a 500 mA
 - Resistência da bobina: 50Ω a 500Ω
 - Corrente dos contatos: 2 a 50 A
 - Resistência dos contatos: $1 \text{ m}\Omega$ a $10 \text{ m}\Omega$



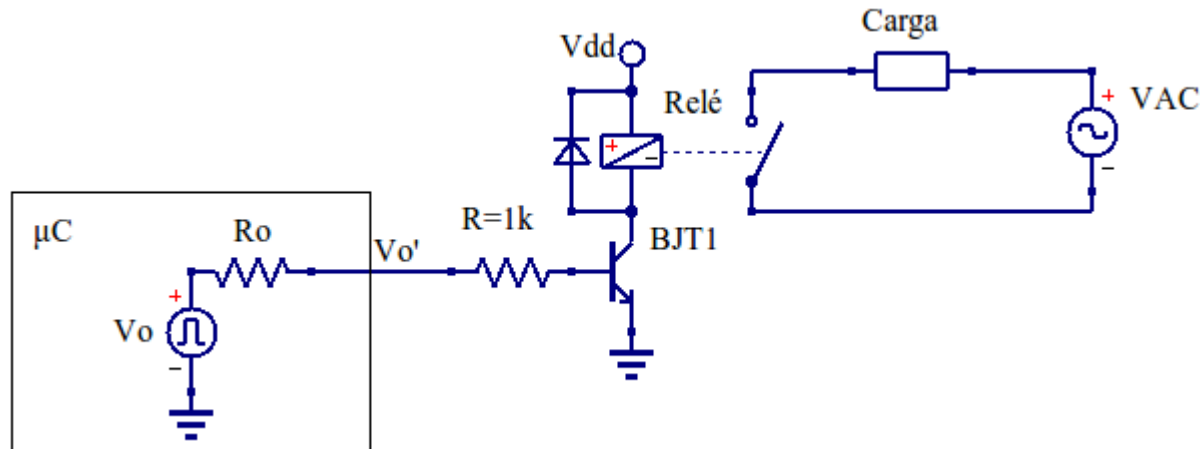
Relés

- Simbologia elétrica e configuração dos contatos:
 - SPST: um polo uma posição
 - SPDT: um polo duas posições
 - DPST: dois polos uma posição
 - DPDT: dois polos duas posições
 - n PDT: n polos duas posições



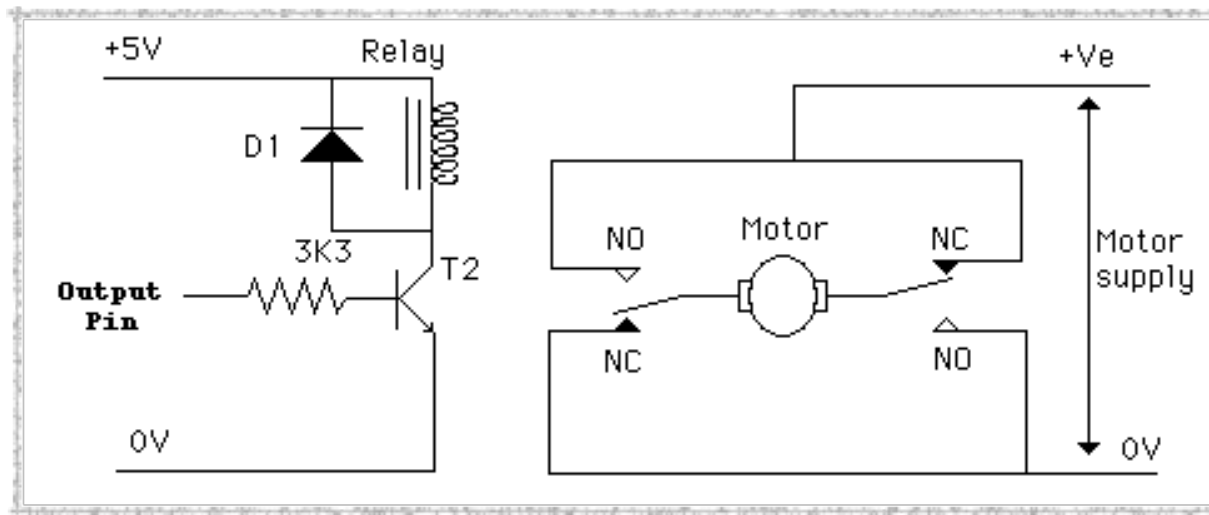
Relés

- Circuito de acionamento típico com μC :
 - Usar transistor para amplificar corrente (BJT ou MOSFET)
 - Usar diodo para evitar sobretensão quando a bobina é desativada
 - A tensão V_{dd} deve ser compatível com a bobina do relé



Relés

- Circuito de inversão de tensão (ponte H):
 - Um relé DPDT pode ser usado para inverter a polaridade da tensão em uma carga a partir de uma fonte única
 - Útil para inverter o sentido de rotação de um motor DC



Transistores

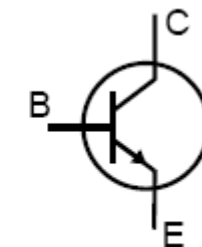
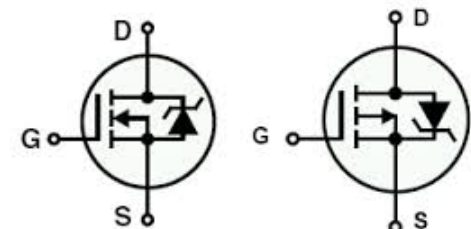
Características principais:

- Atuação em modo contínuo e chaveado
- Operam em tensão DC
- Não possui Isolação elétrica entre entrada (base ou porta) e saída (coletor ou dreno)
- Tempos de comutação: 10^{-7} a 10^{-9} s
- Correntes de entrada: 0 a 1 A
- Correntes de saída: 1 a 100 A

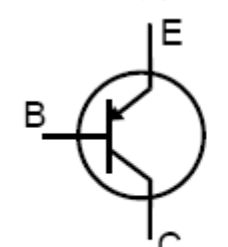


N-channel

P-channel



NPN type



PNP type

Transistores

MOSFET:

- Operando como chave ($V_o > 2V_{TH}$): g_m : transcondutância

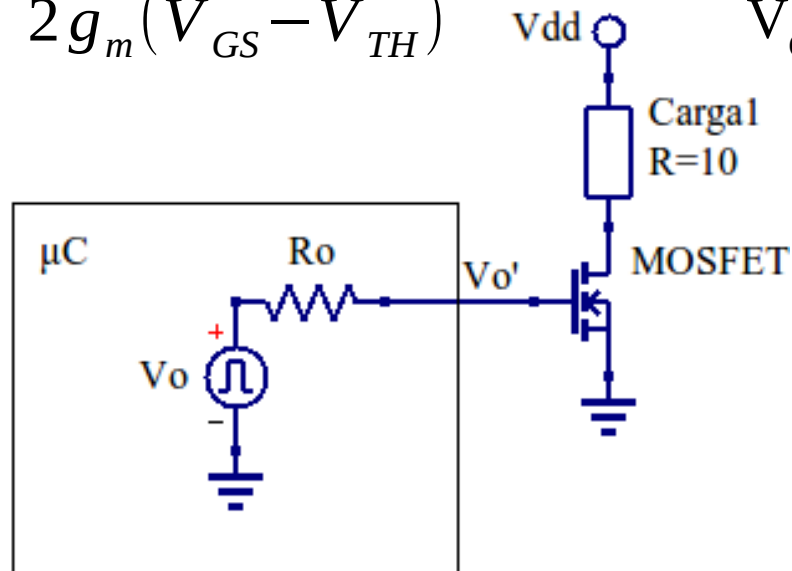
$$I_D \approx 2g_m(V_{GS} - V_{TH})V_{DS}$$

$$R_{DS} \approx \frac{1}{2g_m(V_{GS} - V_{TH})}$$

V_{TH} : tensão de limiar

V_o : tensão de saída do μC

$$V_{GS} = V_o$$



Transistores

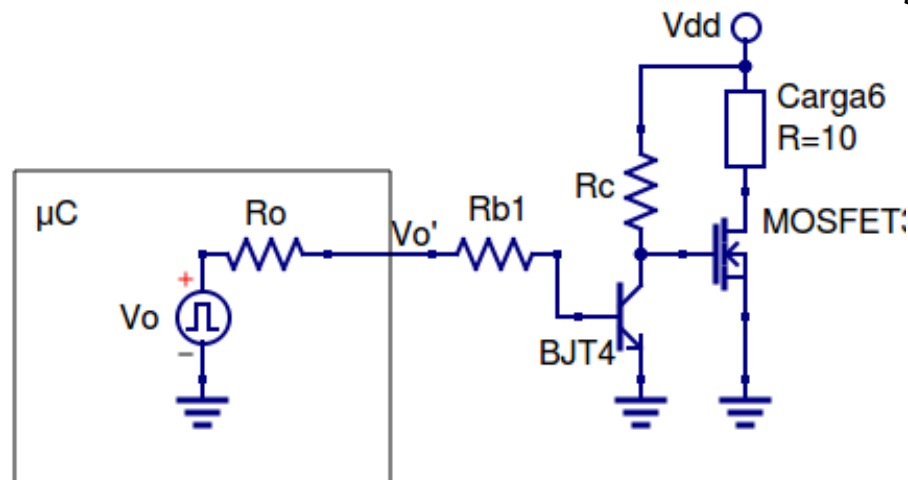
MOSFET:

- Quando $V_o < 2V_{TH}$: usar amplificador de tensão com BJT operando nas regiões de corte/saturação

Para $V_{dd} > 2V_{TH}$
 $R_c = 1k\Omega$

$$I_b > 2 \frac{I_c}{\beta}$$

$$R_b < \frac{V_o - V_{be}}{I_b}$$



Transistores

BJT:

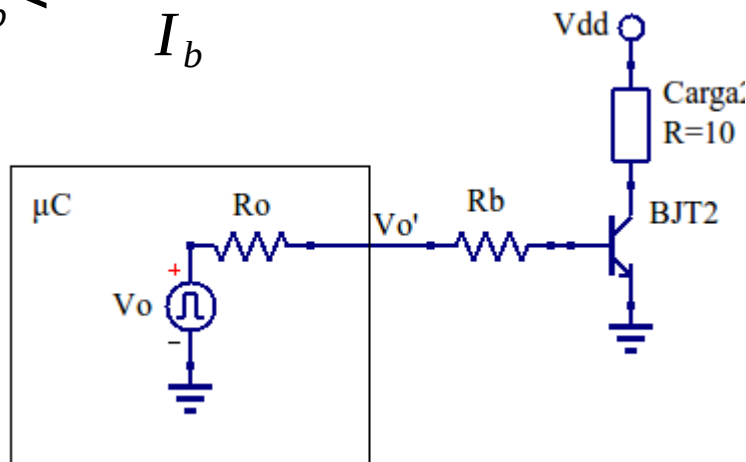
Operando como chave:

$$I_b > 2 \frac{I_c}{\beta}$$
$$R_b < \frac{V_{o'} - V_{be}}{I_b}$$

β : ganho de corrente

V_{be} : tensão da junção B-E ($\sim 0,7$ V)

$V_{o'}$: tensão de saída do μC

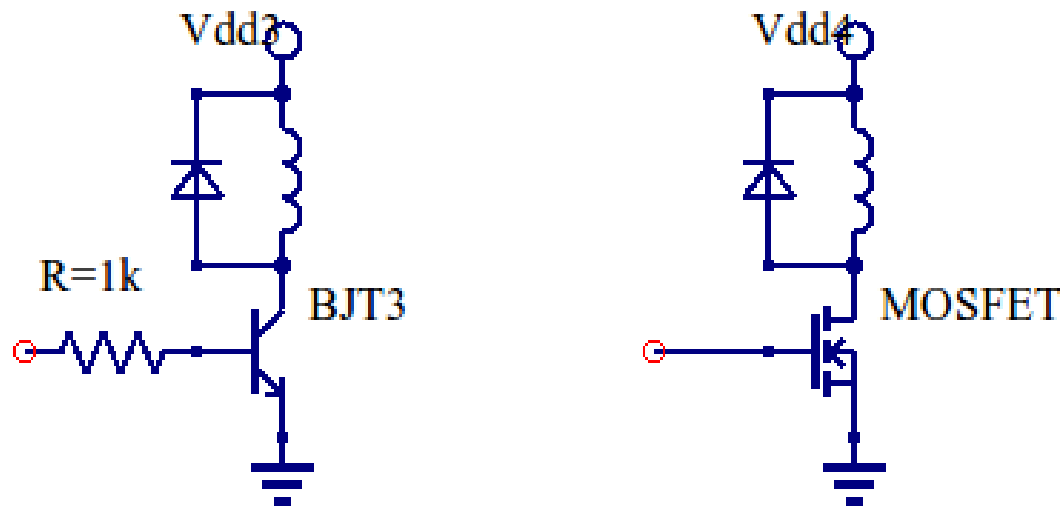


Obs: no BJT Darlington ($\beta \sim 1000$) usar:

$$V_{be} \sim 1,4 \text{ V}$$

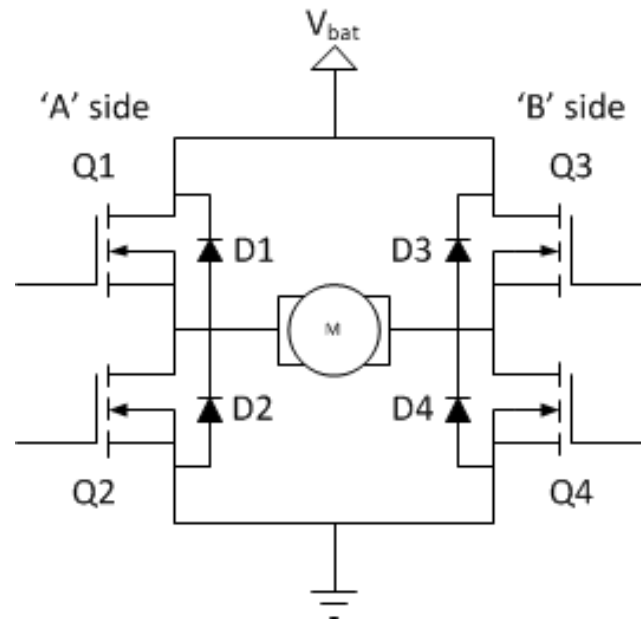
Transistores

Obs: Com cargas indutivas (Motores, bobinas, etc) usar sempre um diodo reversamente polarizado em paralelo com a carga.



Transistores

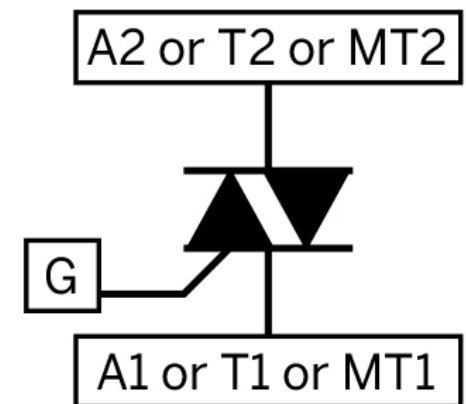
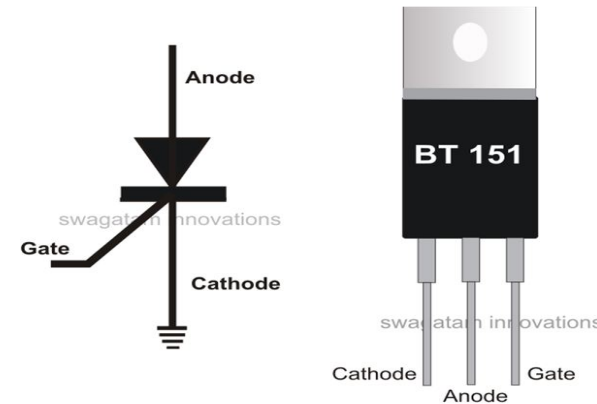
- Circuito de inversão de tensão (ponte H):
 - Transistores podem ser usados para inverter a polaridade da tensão em uma carga a partir de uma fonte única
 - Útil para inverter o sentido de rotação de um motor DC



Tiristores

- SCRs e TRIACs

- Atuação apenas em modo chaveado
- Operam em tensão AC
- Não possui Isolação elétrica entre entrada (porta) e saída
- Tempos de comutação: 10^{-7} a 10^{-5} s
- Correntes de disparo: 10 a 100 mA
- Correntes de carga: 10 a 1000 A



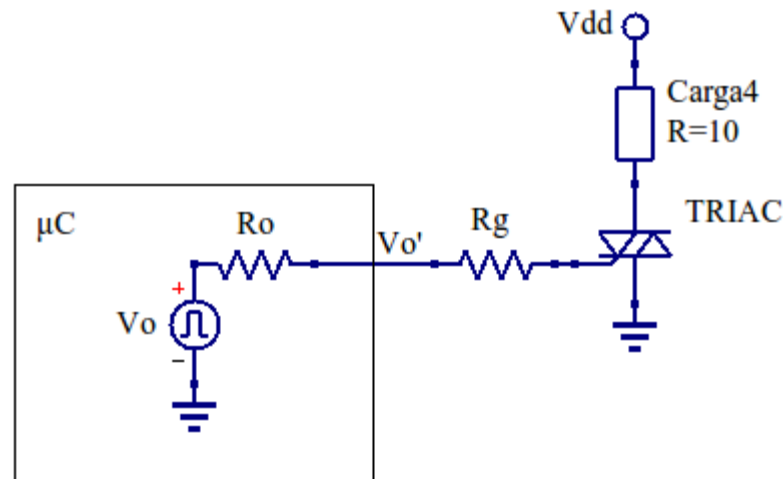
Tiristores

- Circuito de acionamento sem isolação elétrica:

- $$R_g = \frac{V_o' - V_g}{I_{gt}}$$

I_{gt} : corrente de disparo de *gate*

V_g : tensão da junção de *gate* ($\sim 0,7$ V)



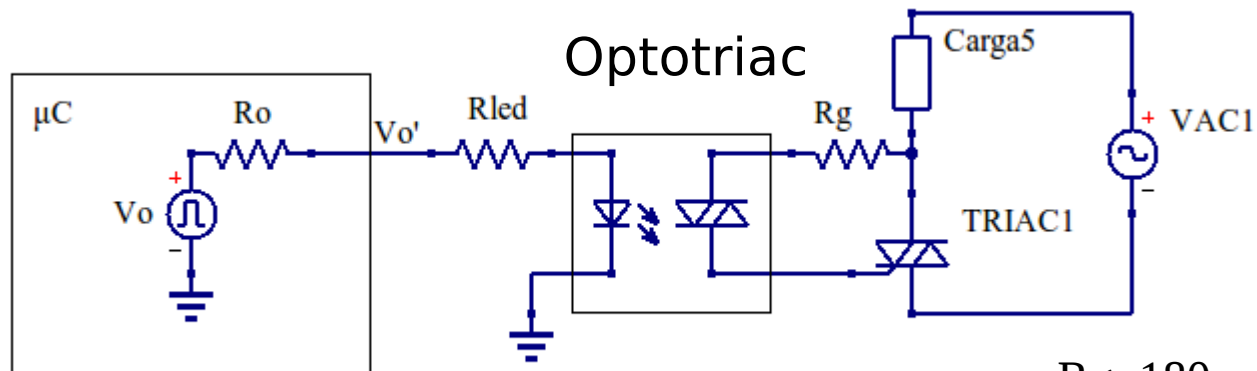
Tiristores

- Circuito de acionamento com isolação elétrica:

$$R_{led} = \frac{V_{o'} - V_{LED}}{I_{TH}}$$

I_{TH} : corrente de disparo do *gate*

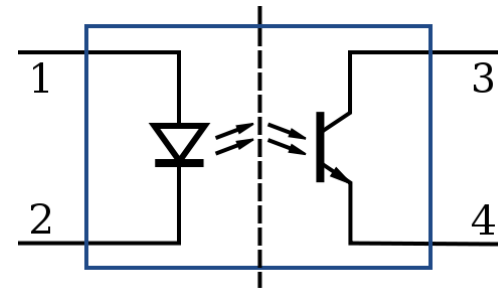
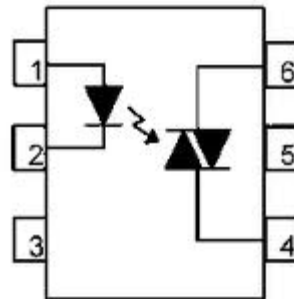
V_{LED} : tensão da junção do LED ($\sim 1,2$ V)



R_g : 180 a 220 Ω
(proteção do gate)

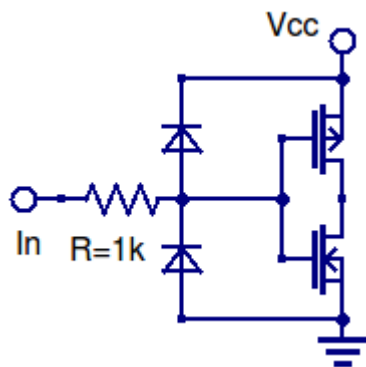
Optoacopladores

- Optoacopladores
 - Atuação em modo contínuo e chaveado
 - Possui Isolação elétrica (óptica)
 - Tempos de comutação pequenos (10^{-6} a 10^{-8} s)
 - Baixas correntes (10^{-2} a 10^{-1} A)
- Tipos principais:
 - Fototransistores
 - Optotriacs



Microcontroladores

- Características elétricas das portas de entrada:
 - Limites de tensão permitidos: 0 V a V_{cc}
 - Resistância interna: $> G\Omega$ (CMOS)
 - Capacitância: 5 a 10 pF
- Circuito equivalente de entrada:



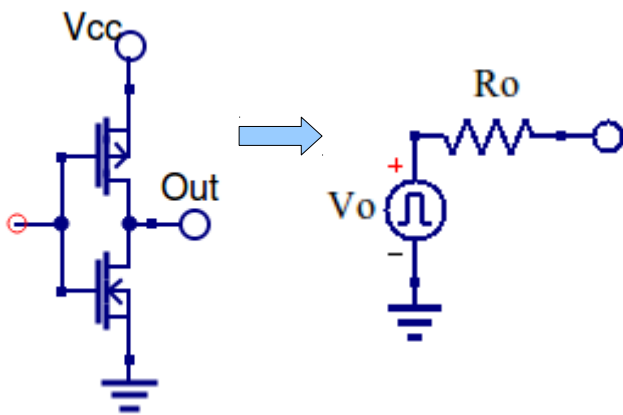
	V_i
"0"	0 a $V_{cc}/2$
"1"	$V_{cc}/2$ a V_{cc}

	V_{cc}
MSP430	3,6 V
Arduino Uno (Atmega328)	5 V
PIC (2550)	5 V

V_{cc} : tensão de alimentação
 Diodos de proteção: $I_d < 5 \text{ mA}$

Microcontroladores

- Características elétricas das portas de saída
 - Tensão de saída de 0 V a V_{cc}
 - Corrente máxima de saída 10 a 100 mA
 - Resistência interna de 10 a 100 Ω
- Circuito equivalente de saída:



	V_o
"0"	0 V
"1"	V_{cc}

	R_o	V_{cc}
MSP430	$\sim 25 \Omega$	3,6 V
Arduino Uno (Atmega328)	$\sim 45 \Omega$	5 V
PIC (2550)	$\sim 80 \Omega$	5 V

V_{cc} : tensão de alimentação

Filtros de Alimentação

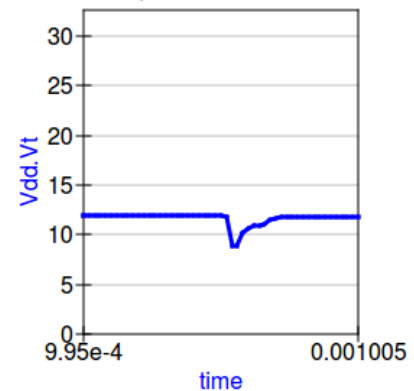
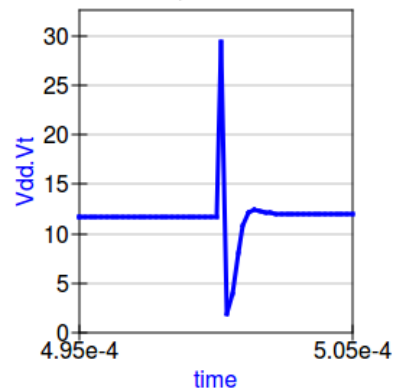
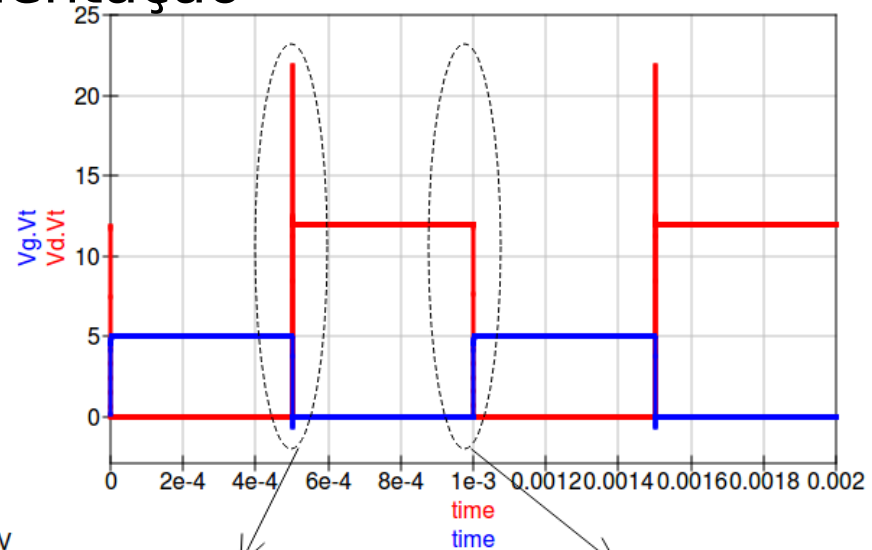
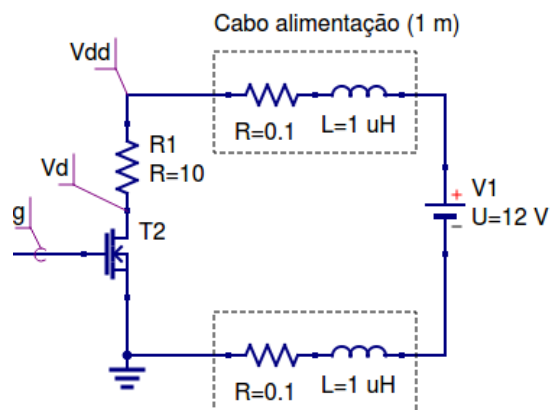
- Circuitos de acionamento operando no modo chaveado geram ruídos durante as transições liga/desliga
- Estes ruídos podem ocasionar falhas de funcionamento no próprio circuito e em circuitos próximos
- Cabos de alimentação possuem indutância e resistência série que inviabilizam a filtragem no lado da fonte
- Estes cabos também atuam como antena e irradiam energia eletromagnética gerada pelos ruídos
- As altas tensões geradas durante estas transições podem danificar o elemento de chaveamento

Filtros de Alimentação

- Ruídos típicos de alimentação

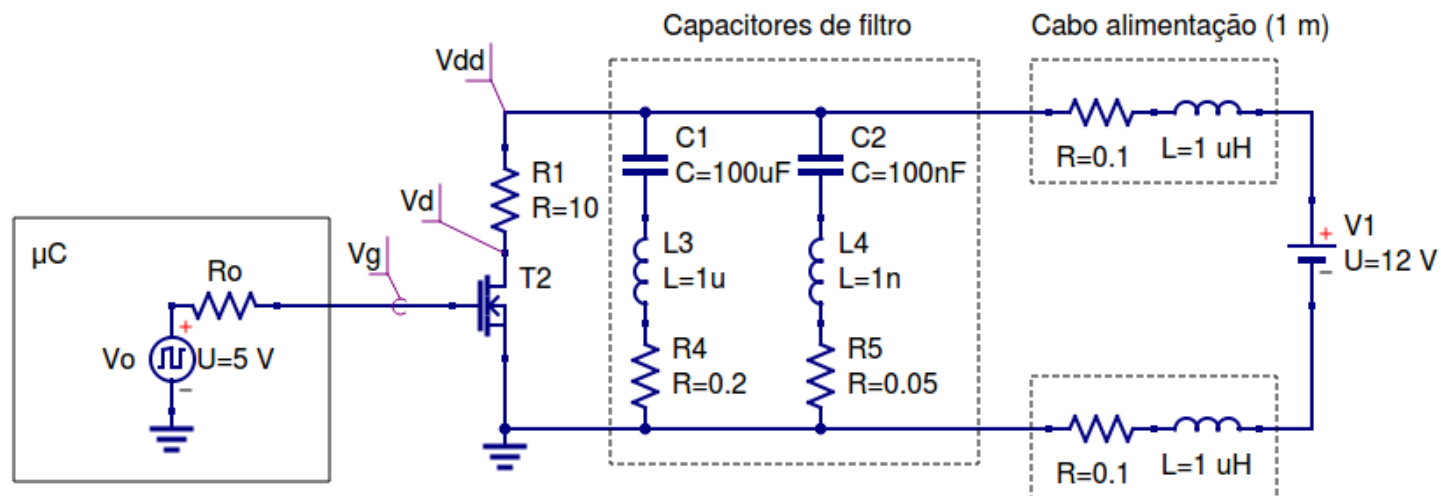


Vdd: tensão de alimentação



Filtros de Alimentação

- Capacitores de filtro são usados em paralelo com a alimentação para atenuar estes ruídos
- Estes capacitores devem ser colocados o mais próximo possível do elemento de chaveamento e da carga
- Devem ser utilizados dois ou mais capacitores em paralelo para possibilitar a filtragem numa ampla faixa de frequência



Filtros de Alimentação

- Capacitores reais sempre possuem indutância e resistência parasita que reduzem o efeito de filtragem
- Capacitores eletrolíticos possuem alta capacitância e alta indutância e são eficientes apenas em baixas e médias frequências
- Capacitores cerâmicos possuem baixa capacitância e baixa indutância e são eficientes em altas frequências, de preferência com encapsulamento SMD

