

Eletrônica de Potência – 169421

Prof. Lélío R. Soares Júnior
ENE-FT-UnB

Introdução

- **Eletrônica** : transmissão, condicionamento e processamento de sinais (informação).
- **Eletrônica de potência**: controle do fluxo de energia (elétrica) entre instâncias diferentes.
- **Bases**: (a) Eletrônica, (b) conversão de energia (elétrica ou elétrica-mecânica) e (c) Controle dinâmico.



Introdução

- **Eletrônica e circuitos elétricos**: dispositivos de estado sólido (chaves eletrônicas) e topologias de circuitos (análise e síntese).
- **Conversão de energia**: formatação da energia (potência) conforme conveniência.
- **Controle dinâmico**: Técnicas para garantir que a evolução das variáveis do circuito ocorra dentro de condições pré-definidas.



Introdução

DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES DE POTÊNCIA:

(chaves eletrônicas)

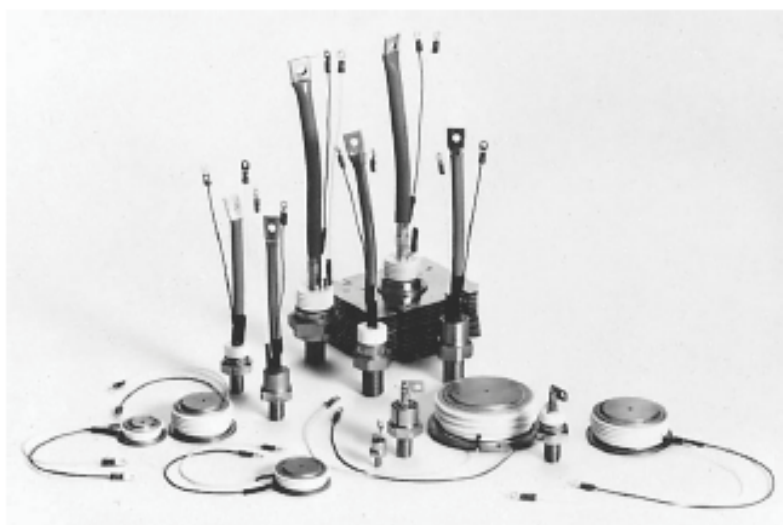
1. Diodos de potência
2. Tiristores (SCR, TRIAC, GTO, etc)
3. Transistores (BJT, MOSFET, IGBT)



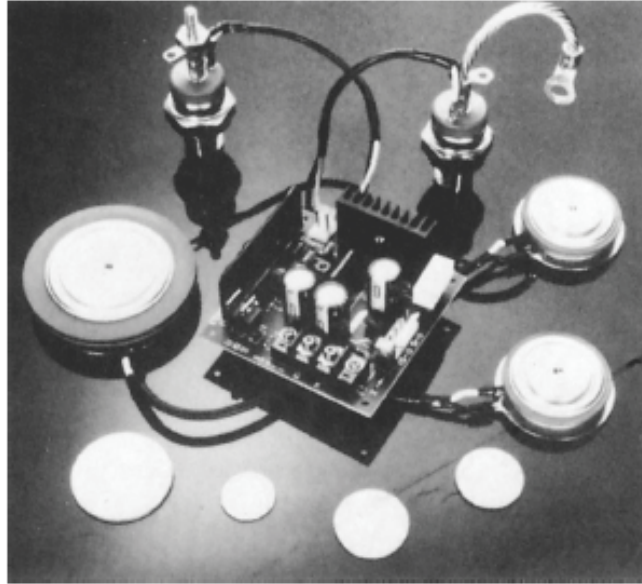
Diodos de uso geral



Tiristores



GTOs



Características de controle dos dispositivos de potência

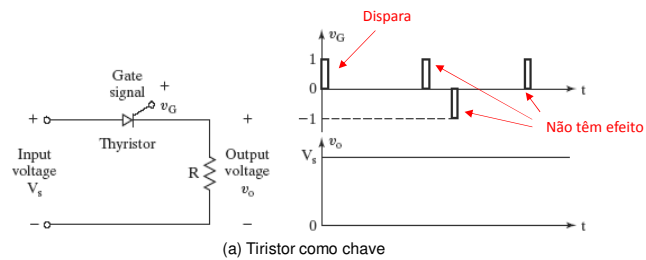
Classificação dos dispositivos de potência para **chaveamento**:

(quanto ao controle e quanto aos quadrantes de operação)

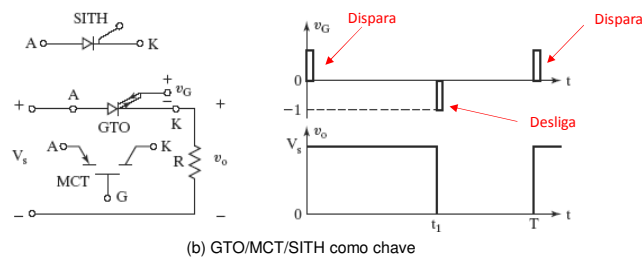
1. Disparo e desligamento **não-controlados** (diodos).
2. Disparo **controlado** e desligamento **não-controlado** (SCR).
3. Disparo e desligamento **controlados** (BJT, MOSFET, etc).
4. Sinal **contínuo** para disparo (BJT, MOSFET, etc)
5. Sinal de **pulso** para disparo (SCR, GTO, etc).
6. Suportar **tensão bipolar** (SCR, GTO).
7. Suportar **tensão** apenas **unipolar** (BJT, MOSFET, etc).
8. Suportar **corrente bidirecional** (TRIAC, etc).
9. Suportar **corrente** apenas **unidirecional** (SCR, BJT, etc)



Características de controle dos dispositivos



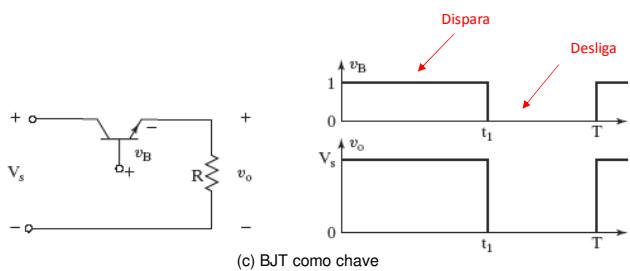
(a) Tiristor como chave



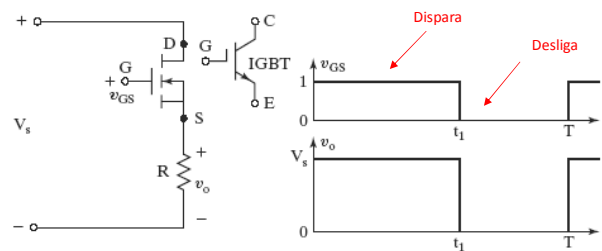
(b) GTO/MCT/SITH como chave



Características de controle dos dispositivos



(c) BJT como chave



(c) MOSFET/IGBT como chave



Introdução

TIPOS DE CIRCUITOS EM ELETRÔNICA DE POTÊNCIA (CONVERSORES):

1. Retificadores com diodos (conversão CA-CC)
2. Conversores CA-CC (retificadores controlados)
3. Conversores CA-CA (controladores de tensão CA ou gradadores ou cicloconversores)
4. Conversores CC-CC (Choppers ou pulsadores)
5. Conversores CC-CA (inversores)
6. Chaves estáticas (ligam ou desligam cargas)



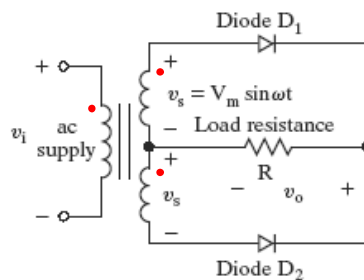
TIPOS DE CONVERSORES E SÍMBOLOS

Conversion From/To	Converter Name	Converter Function	Converter Symbol
Ac to dc	Rectifier	Ac to unipolar (dc) current	
Dc to dc	Chopper	Constant dc to a variable dc or variable dc to a constant dc	
Dc to ac	Inverter	Dc to ac of desired output voltage and frequency	
Ac to ac	Ac voltage controller, Cycloconverter, Matrix converter	Ac of desired frequency and/or magnitude from generally line supply ac	

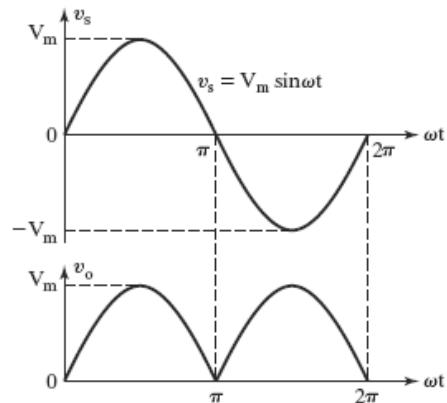


Introdução Retificadores

Exemplo monofásico:



(a) Circuit diagram

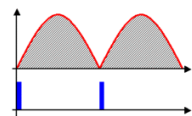


(b) Voltage waveforms

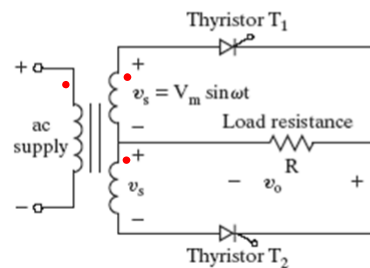


Introdução Conversores CA-CC

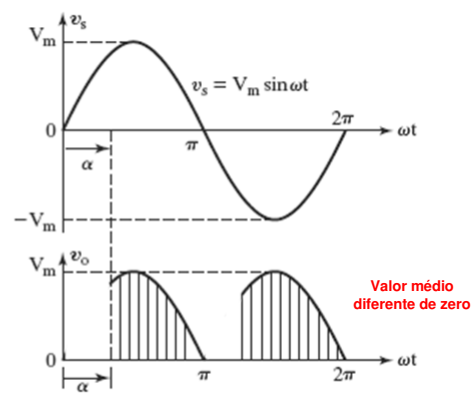
Exemplo monofásico:



CA



(a) Circuit diagram



(b) Voltage waveforms

Valor médio
diferente de zero

CC

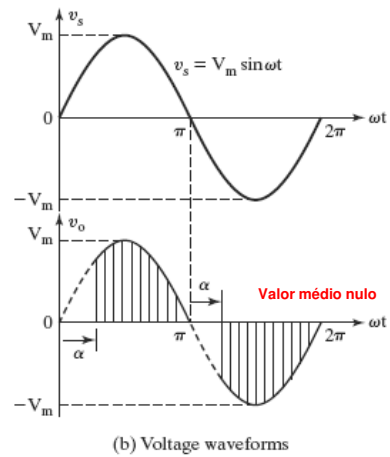
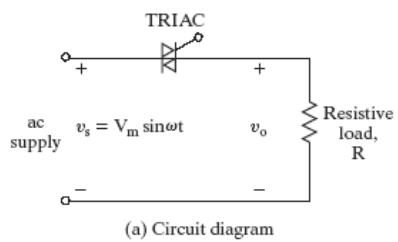


Introdução

Conversores CA-CA

CA

Exemplo monofásico:



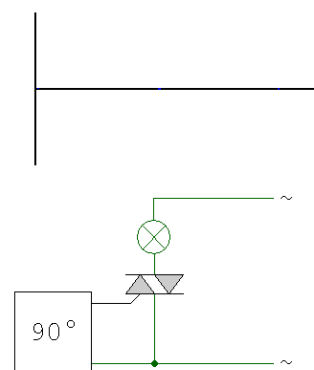
CA



Introdução

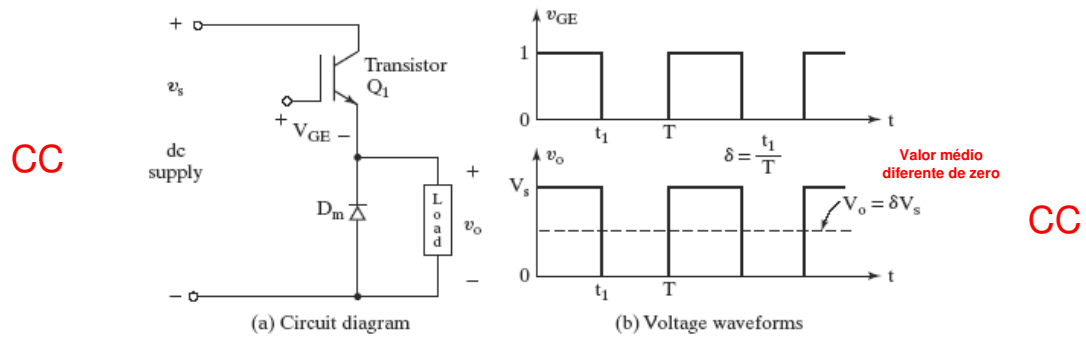
Conversores CA-CA

Ex. Dimmer para controle de lâmpada incandescente, usando um tiristor tipo TRIAC:



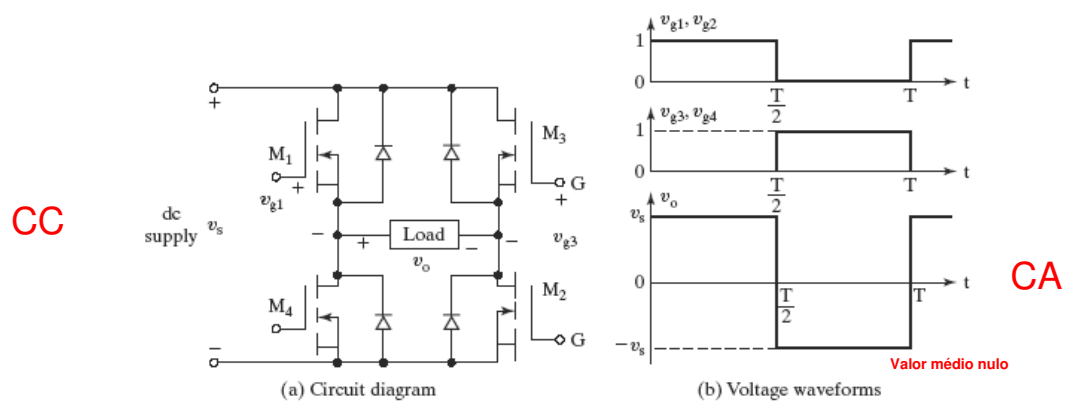
Introdução

Conversores CC-CC



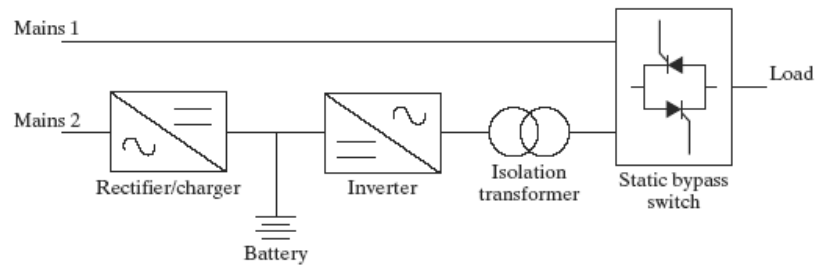
Introdução

Conversores CC-CA



Introdução

Exemplo: UPS (nobreak)



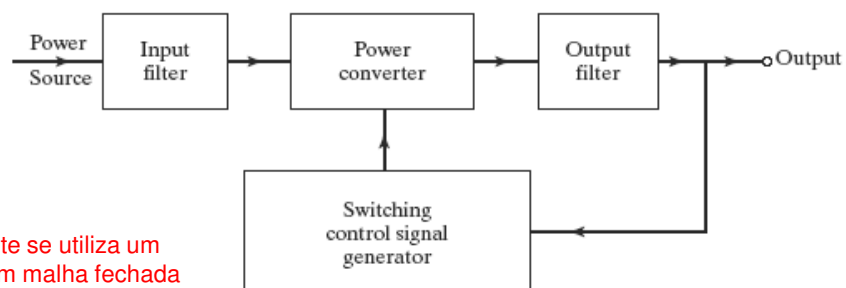
Em uma situação normal a carga é alimentada pela rede.
Em condição de falha a carga é alimentada pelo inversor do UPS.



Introdução

Sistema conversor de potência

O chaveamento pode gerar correntes e tensões harmônicas indesejadas na rede e na carga (pode-se necessitar de filtragens)



Normalmente se utiliza um controlador em malha fechada para estabilizar e adequar o desempenho do conversor



Introdução

Chave ideal (não dissipa energia)

Usada no estudo inicial das topologias dos conversores

Características:

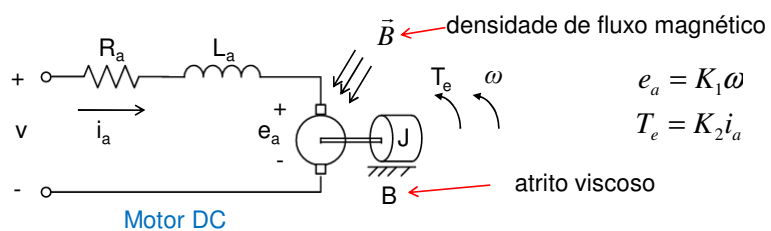
- Chaveamento:
 - instantâneo
- Quando aberta:
 - Circuito aberto (corrente nula).
 - Suporta qualquer tensão em qualquer polaridade.
- Quanto fechada:
 - Curto-circuito (resistência nula).
 - Suporta qualquer corrente em qualquer sentido.



Introdução

Acionamento linear versus acionamento chaveado em eletrônica de potência

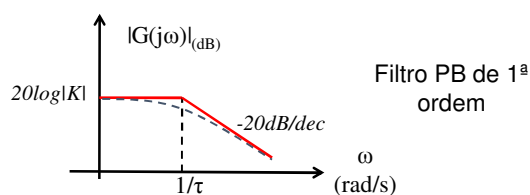
Acionamento de um motor DC ou outros dispositivos com características de filtro passa-baixas (PB)



Desprezando-se a reatância sL_a :

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{K_2 / (BR_a + K_1 K_2)}{sR_a J / (BR_a + K_1 K_2) + 1} = \frac{K}{s\tau + 1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K = K_2 / (BR_a + K_1 K_2) \\ \tau = R_a J / (BR_a + K_1 K_2) \end{array} \right.$$



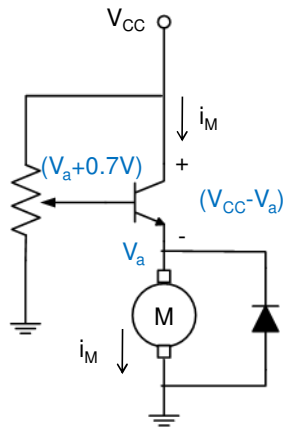
Introdução

Acionamento linear versus acionamento chaveado em eletrônica de potência

Acionamento linear

Ajusta-se a tensão de armadura a partir da tensão de emissor do BJT, que por sua vez é ajustada pelo potenciômetro.

Com excitação convencional (linear) a dissipação de potência do BJT é grande.



O BJT deve operar sempre **na região ativa**
 $(0 \leq V_a \leq V_{CC} - 0,7V)$
 Volts

Da potência entregue pela fonte CC, uma parte considerável é dissipada no BJT.

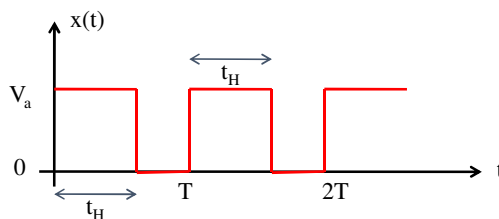
$$\text{Potência dissipada no transistor} \rightarrow P_Q = I_M \times (V_{CC} - V_a)$$



Introdução

Acionamento linear versus acionamento chaveado em eletrônica de potência

Sinal PWM (sinal modulado em largura de pulso)



Ciclo de trabalho (*duty cycle*) :

$$w = \frac{t_H}{T} 100\%$$

Como o sinal é periódico pode ser decomposto em uma **série de Fourier**

As duas primeiras componentes:

- Componente DC = $\frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$
- Componente fundamental a uma frequência $1/T$ Hz

Componente DC = $V_a t_H / T = V_a w / 100 \rightarrow$ (varia de 0 a V_a conforme w varia de 0 a 100%)



Introdução

Acionamento linear versus acionamento chaveado em eletrônica de potência

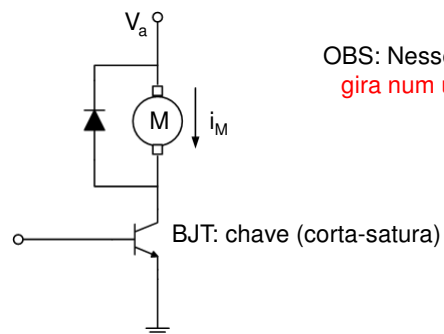
- ✓ Se o motor for excitado por um **sinal PWM**, tal que $1/T \gg 1/\tau$, devido à característica **passa-baixas** do motor, a velocidade **responderá**, praticamente, apenas à **componente DC** do sinal PWM
- ✓ Como a **velocidade** depende do valor médio do sinal PWM, pode-se **ajustar** a mesma variando o **ciclo de trabalho** do sinal (w)
- ✓ Vantagem → **maior eficiência** (menor perda de energia, quando comparado a outras formas de excitação)



Introdução

Acionamento linear versus acionamento chaveado em eletrônica de potência

Ex: com PWM



OBS: Nesse caso o motor **gira num único sentido**

Quando conduzindo, o transistor (saturado) consome a potência:

$$P_Q = I_{Csat} \times V_{CEsat} = I_M \times V_{CEsat} \rightarrow \text{que é baixa (baixo } V_{CEsat})$$

