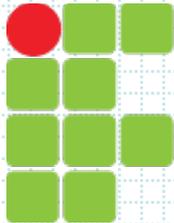


**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**

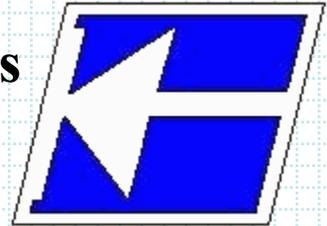
**Departamento Acadêmico de Eletrônica**

**Pós-Graduação em Desen. de Produtos Eletrônicos**

**Conversores Estáticos e Fontes Chaveadas**



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA



# **Introdução à Eletrônica de Potência**

**Prof. Clóvis Antônio Petry.**

**Prof. Joabel Moia.**

**Florianópolis, fevereiro de 2014.**

## Capítulo 1: Eletrônica de potência

1. Introdução;
2. O que é eletrônica de potência;
3. Histórico, aplicações, etc.



Disciplina

Plano de Ensino (2009/1)	Data das avaliações	Notas da disciplina		
Base o plano de ensino da disciplina.	<ul style="list-style-type: none"><li>Primeira avaliação =</li><li>Segunda avaliação =</li><li>Terceira avaliação =</li><li>Quarta avaliação =</li><li>Seminar =</li></ul>	Assessor aqui: Divulga, entre em contato: <a href="mailto:astro@ceficas.ufsc.br">astro@ceficas.ufsc.br</a>		
Aulas	Notas de Aula	Apresentações	Complementos	Listas de exercícios
01		Apresentação da disciplina		
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				



[www.ProfessorPetry.com.br](http://www.ProfessorPetry.com.br)

## **Conversão de Energia e Eletrônica de Potência:**

1. Conversão de energia;
2. Conversores estáticos;
3. Eletrônica de potência;
4. Breve histórico;
5. Divisão da eletrônica de potência;
6. Aplicações, etc.

## Finalidade da conversão de energia:

- Aplicações diferentes conforme a forma;
- Dificuldades de armazenamento;
- Dificuldades de transmissão;
- Alteração/adaptação de amplitudes, formas e quantidades;
- Reaproveitamento de energia.

*Exame de  
qualificação*

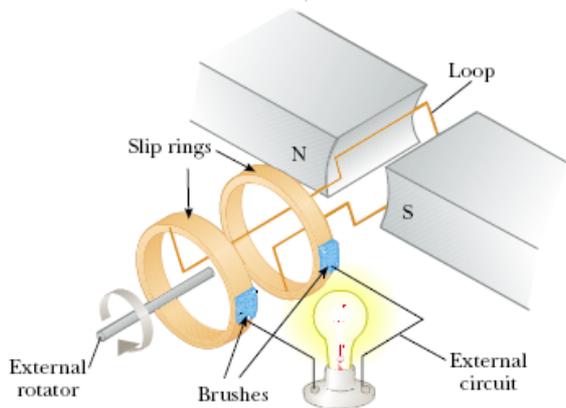
<http://www.florianopolis.ifsc.edu.br/petry>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

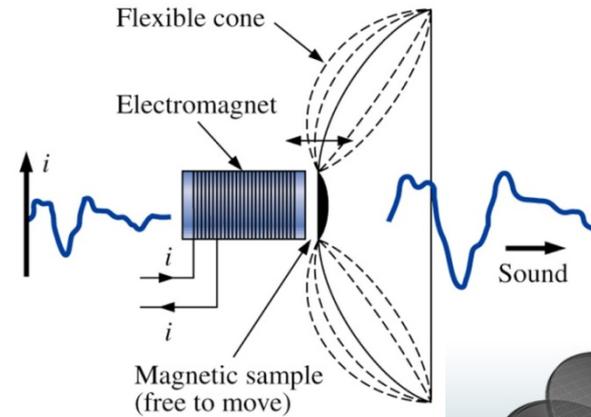
PROJETO DE TESE DE DOUTORADO

ESTABILIZADORES DE TENSÃO ALTERNADA  
PARA ALIMENTAÇÃO DE CARGAS NÃO-  
LINEARES: ESTUDO DE VARIAÇÕES  
TOPOLOGICAS E MÉTODOS DE CONTROLE

OLIVIO APOSTOLO PETRY  
Orientador:  
PROF. PAULO CARLOS DOS SANTOS FARIAS  
Orientador:  
PROF. DO SÁBIO  
Co-orientador:  
Florianópolis, Junho de 2014



Geradores



Alto-falante



## Definição:

- Conversor rotativo: aquele converte energia usando mecanismos móveis (gerador-motor-gerador);
- Conversor estático: dispositivo eletrônico que converte energia sem usar componentes móveis (giratórios).



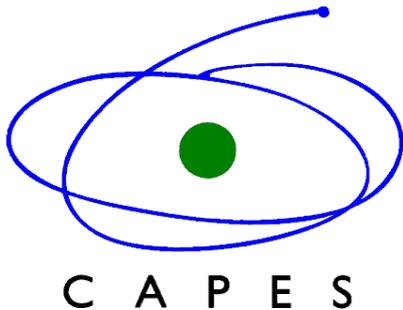
Conversor rotativo  
*Motor + gerador*



Conversor estático  
*Inversor de frequência*

## Conversores estáticos x eletrônica de potência:

- Conversores estáticos: termo usado no começo do processamento eletrônico de energia, muito ligado à acionamento de máquinas elétricas e geração de eletricidade;
- Eletrônica de potência: termo mais moderno e genérico, para designar toda gama de dispositivos de potência que controlam o fluxo de energia.



**Grande área:** Engenharias

**Área:** Engenharia elétrica

**Subárea:** Eletrônica industrial

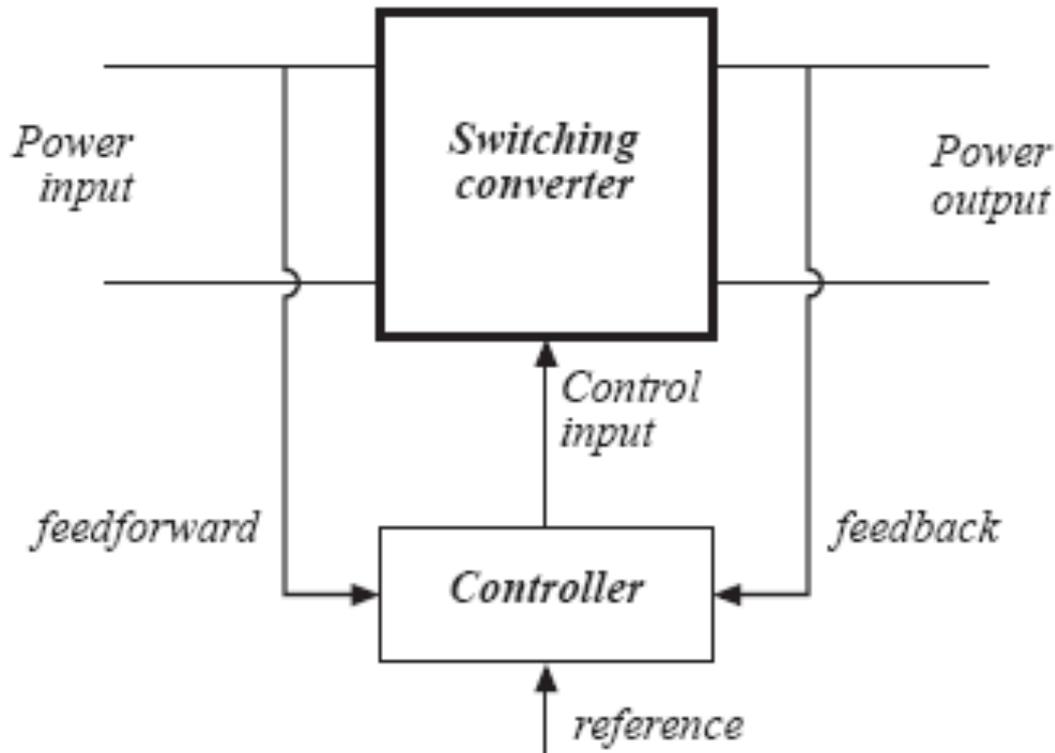
**Especialidades:** Acionamentos, etc.

## Definições:

- Eletrônica de Potência é a tecnologia associada com conversão eficiente, controle e condicionamento de potência elétrica através de interruptores estáticos de uma fonte disponível na entrada numa saída desejada;
- Eletrônica de Potência pode ser definida como uma ciência aplicada dedicada ao estudo dos conversores estáticos de energia elétrica. Este último pode ser definido com um sistema, constituído por elementos passivos (resistores, capacitores e indutores) e elementos ativos (interruptores), tais como Diodos, Tiristores, Transistores, GTO's, Triacs, IGBT's e MOSFET's, associados segundo uma lei pré-estabelecida.
- Entende-se que Eletrônica de Potência é uma área da Engenharia Elétrica que tem a finalidade de estudar e construir conversores de potência visando o controle de energia elétrica.

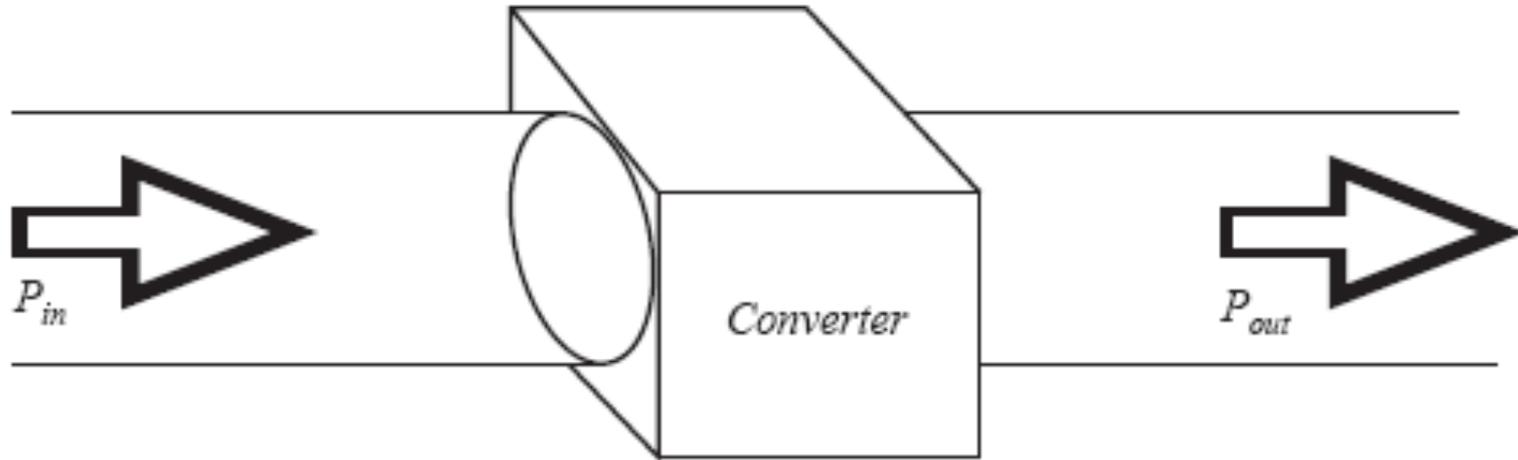
## Princípio:

- Os circuitos em eletrônica de potência são denominados não-lineares, pois utilizam os semicondutores como chaves, ligadas ou desligadas.



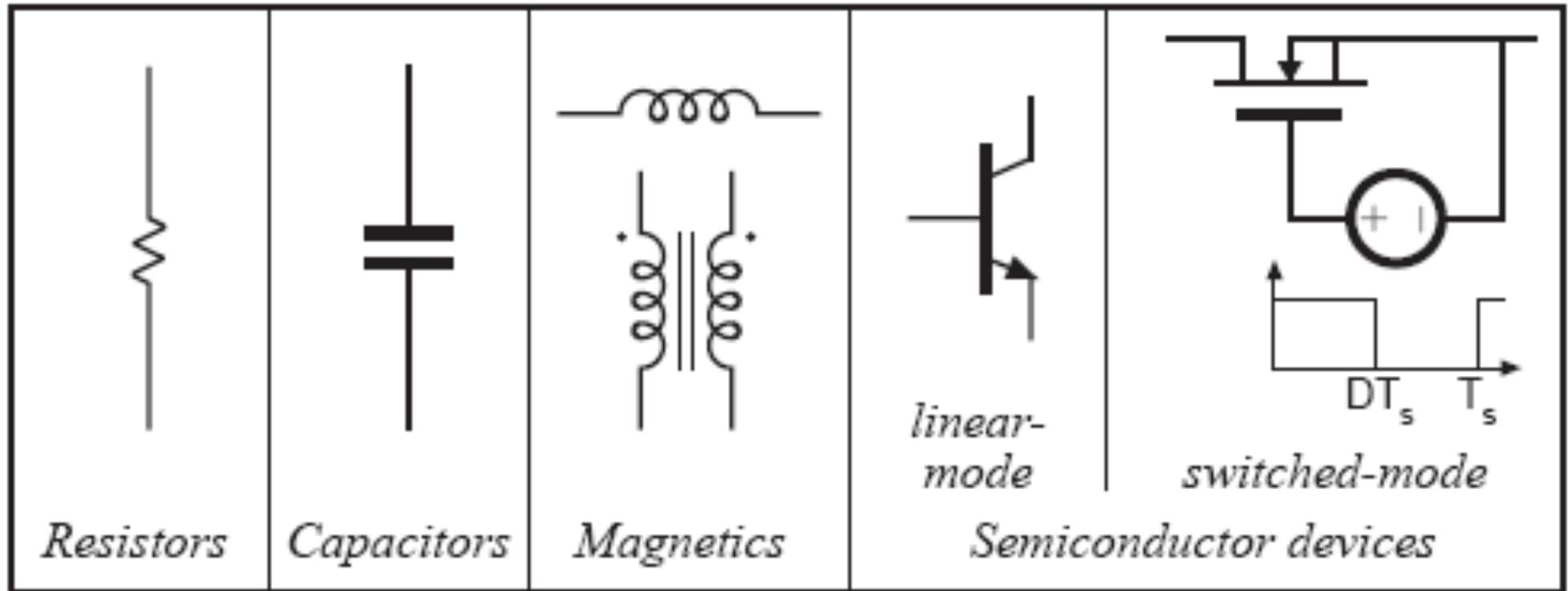
## Objetivo maior:

- Busca da máxima eficiência.



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

## Componentes utilizados



Evitar perdas



Evitar interferências

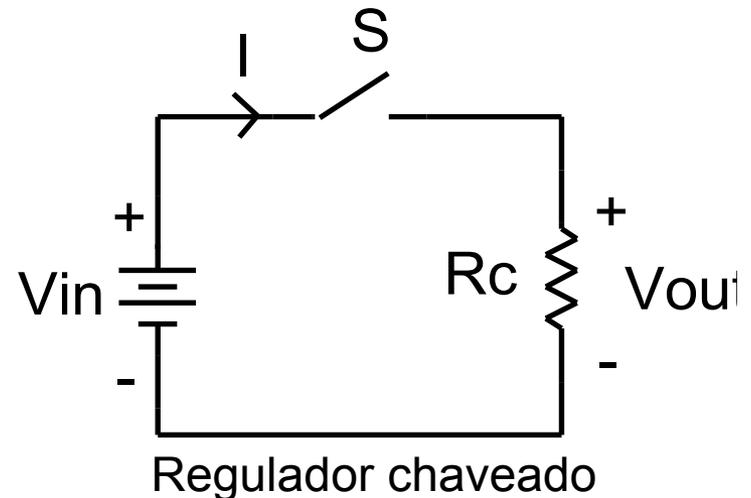
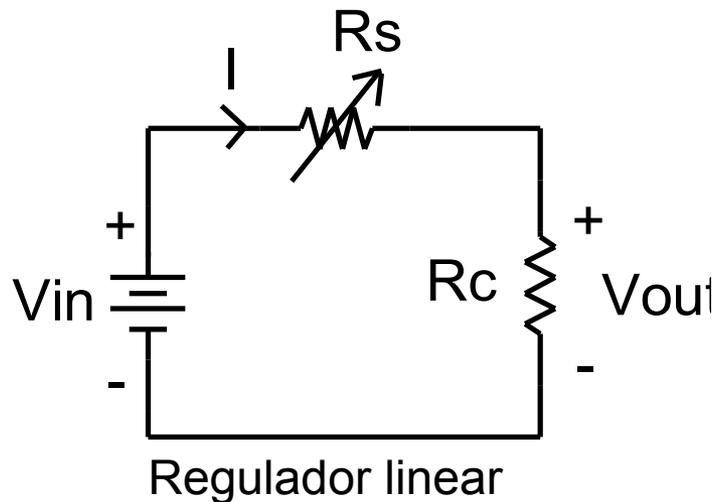


Evitar perdas

## Circuitos lineares x não-lineares

### Exemplo: Fontes de tensão lineares e chaveadas:

- As fontes lineares convertem a tensão alternada da rede em tensões contínuas, normalmente de baixa amplitude, sem o uso de componentes chaveados (comutados);
- Fontes chaveadas exercem a mesma função, mas utilizando componentes comutados (chaveados).



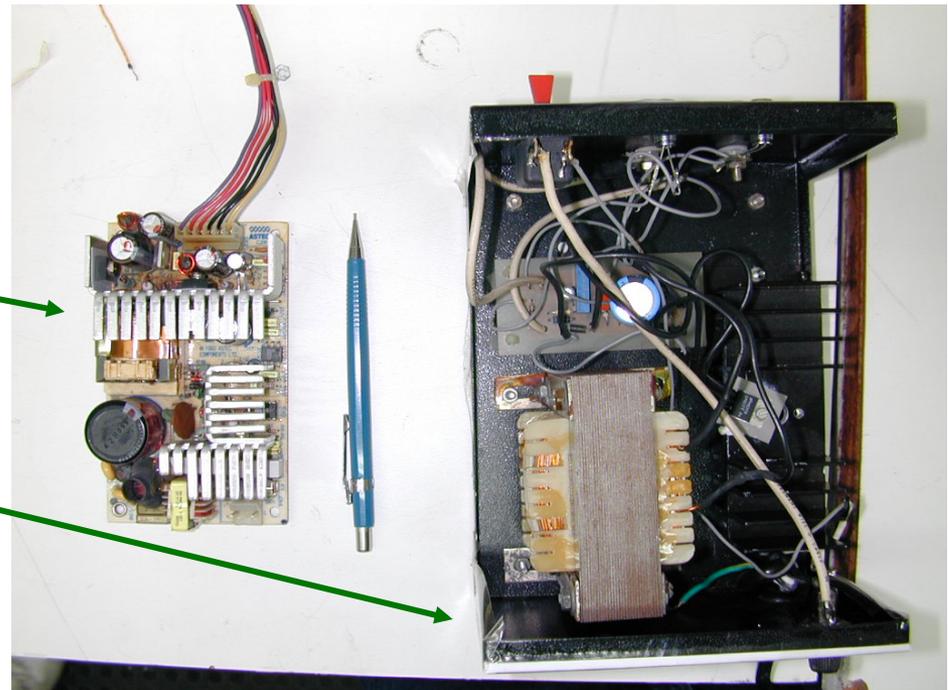
## Vantagens x desvantagens

### Fontes de tensão lineares x chaveadas:

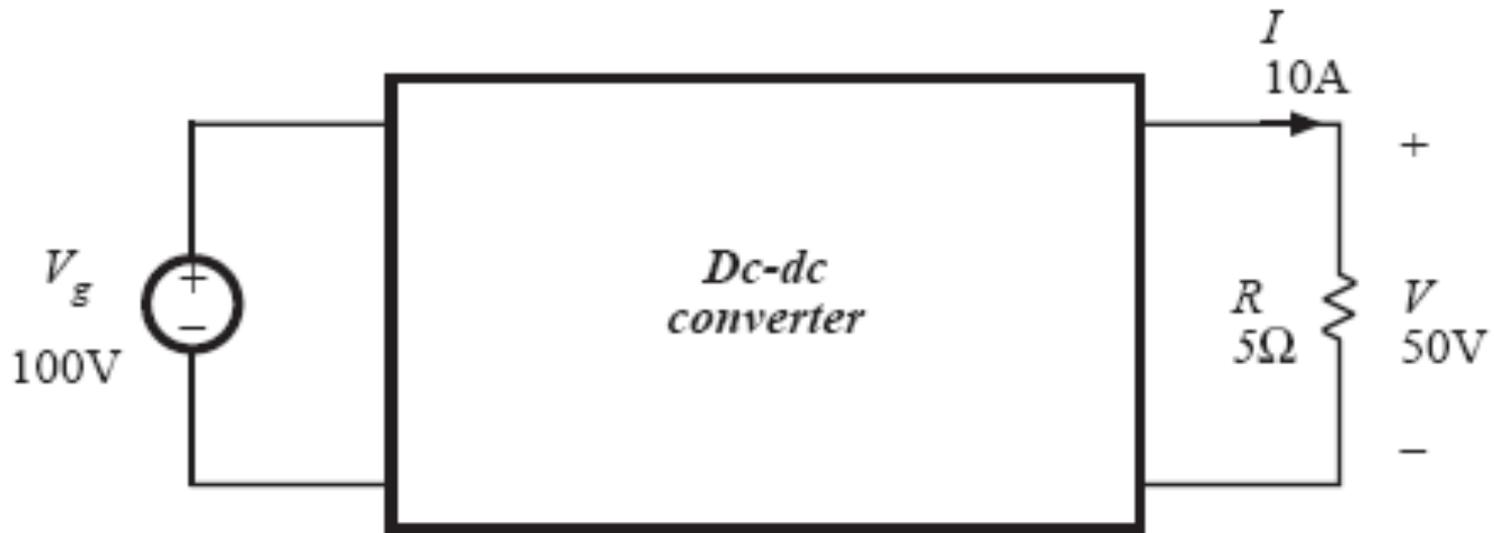
- Fontes lineares: são mais robustas, simples e fáceis de projetar, podem ser mais baratas ou não, são muito volumosas e pesadas.
- Fontes chaveadas: não são tão robustas, mais difíceis de projetar e **consertar**, podem ser mais baratas ou não, são pequenas e leves.

Fonte chaveada de 65 W

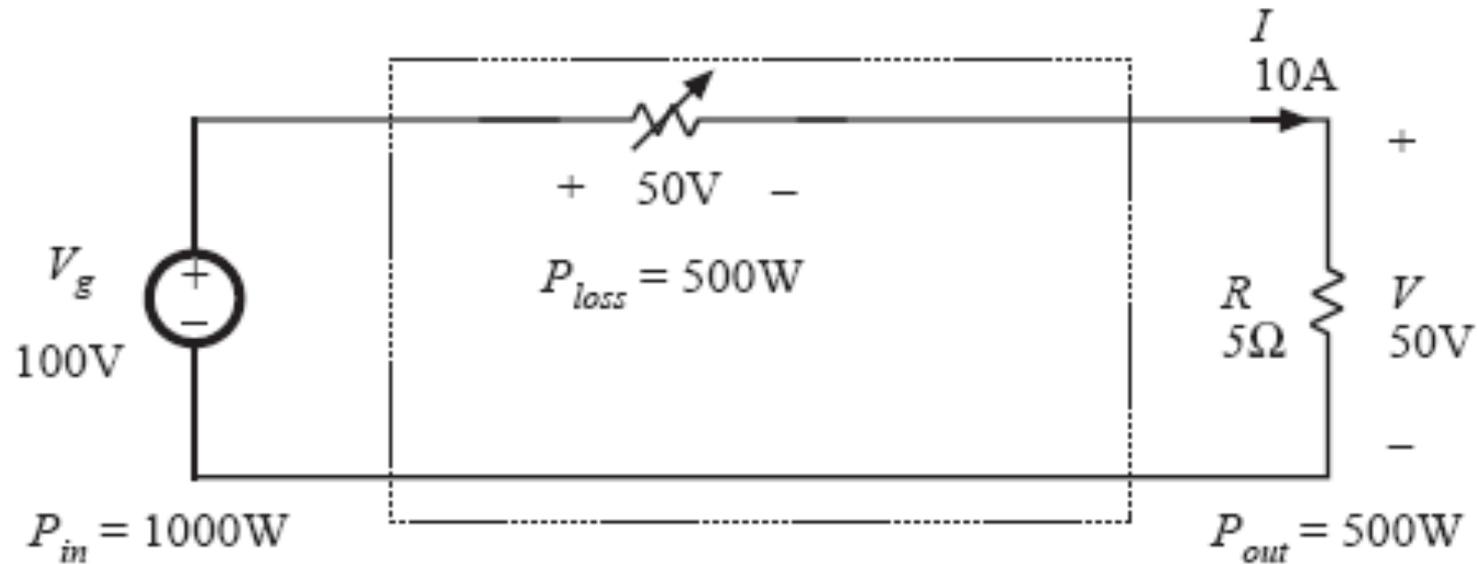
Fonte linear de 29 W



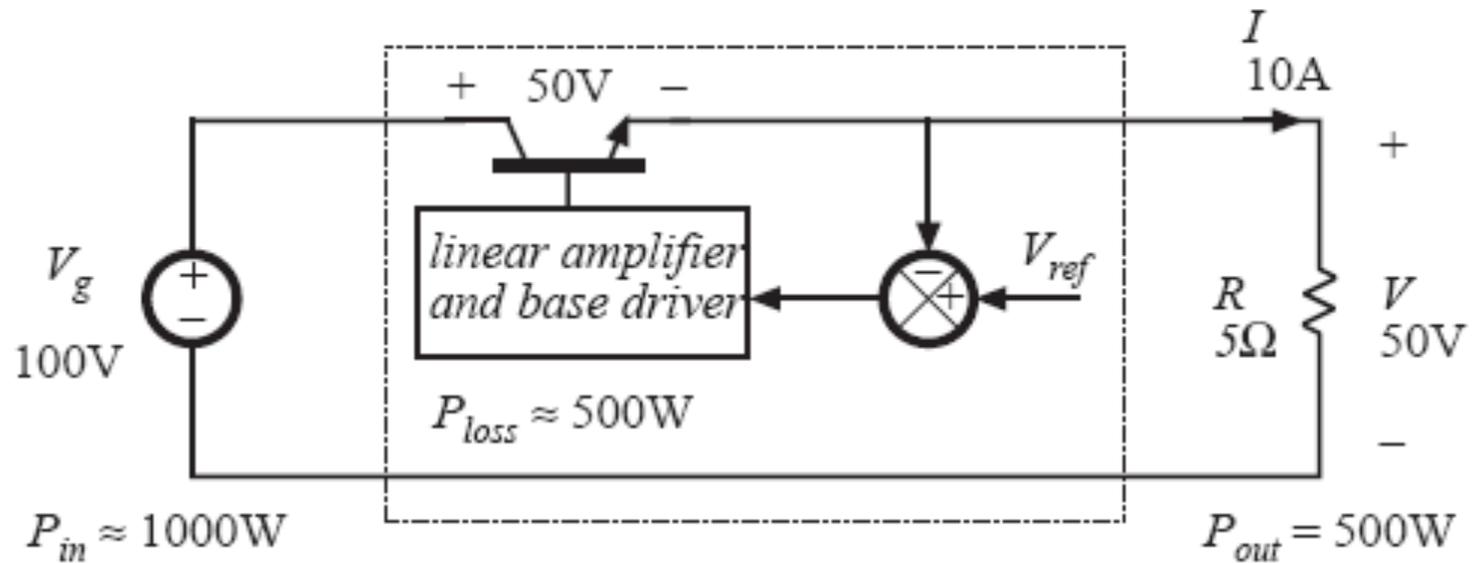
**Exemplo:** Como realizar esta conversão?



**Exemplo:** Como realizar esta conversão?  
**Usando resistores.**

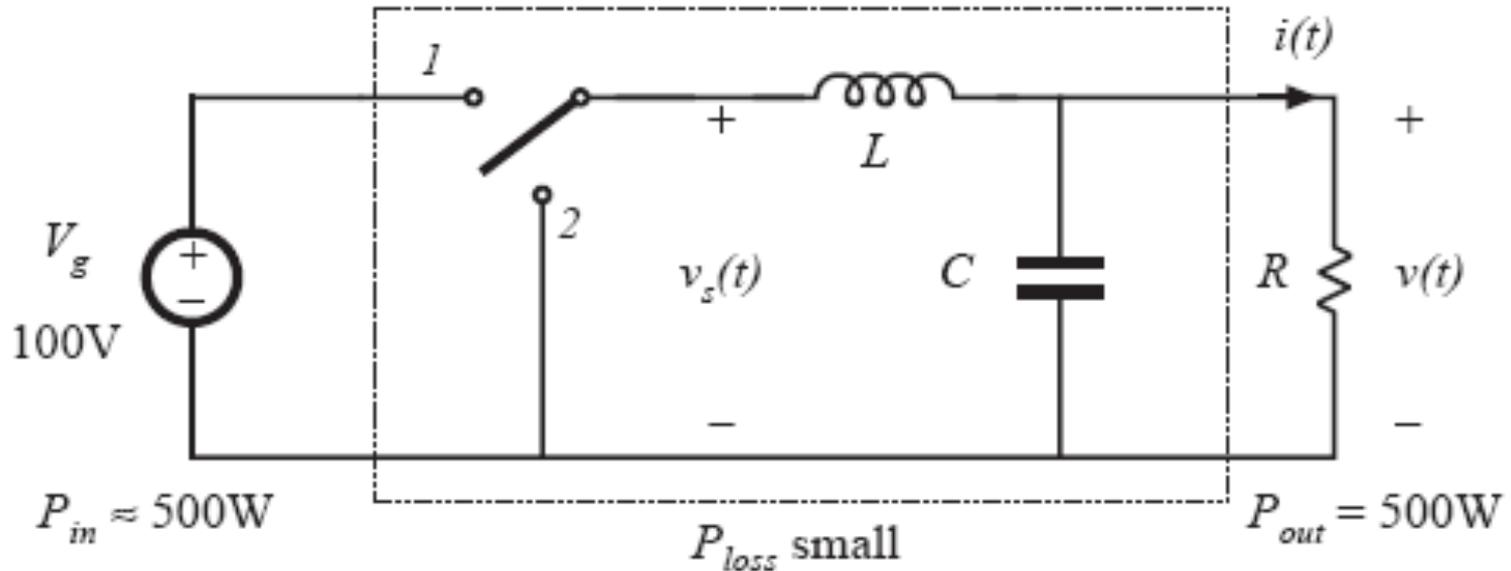


**Exemplo:** Como realizar esta conversão?  
**Usando reguladores lineares.**

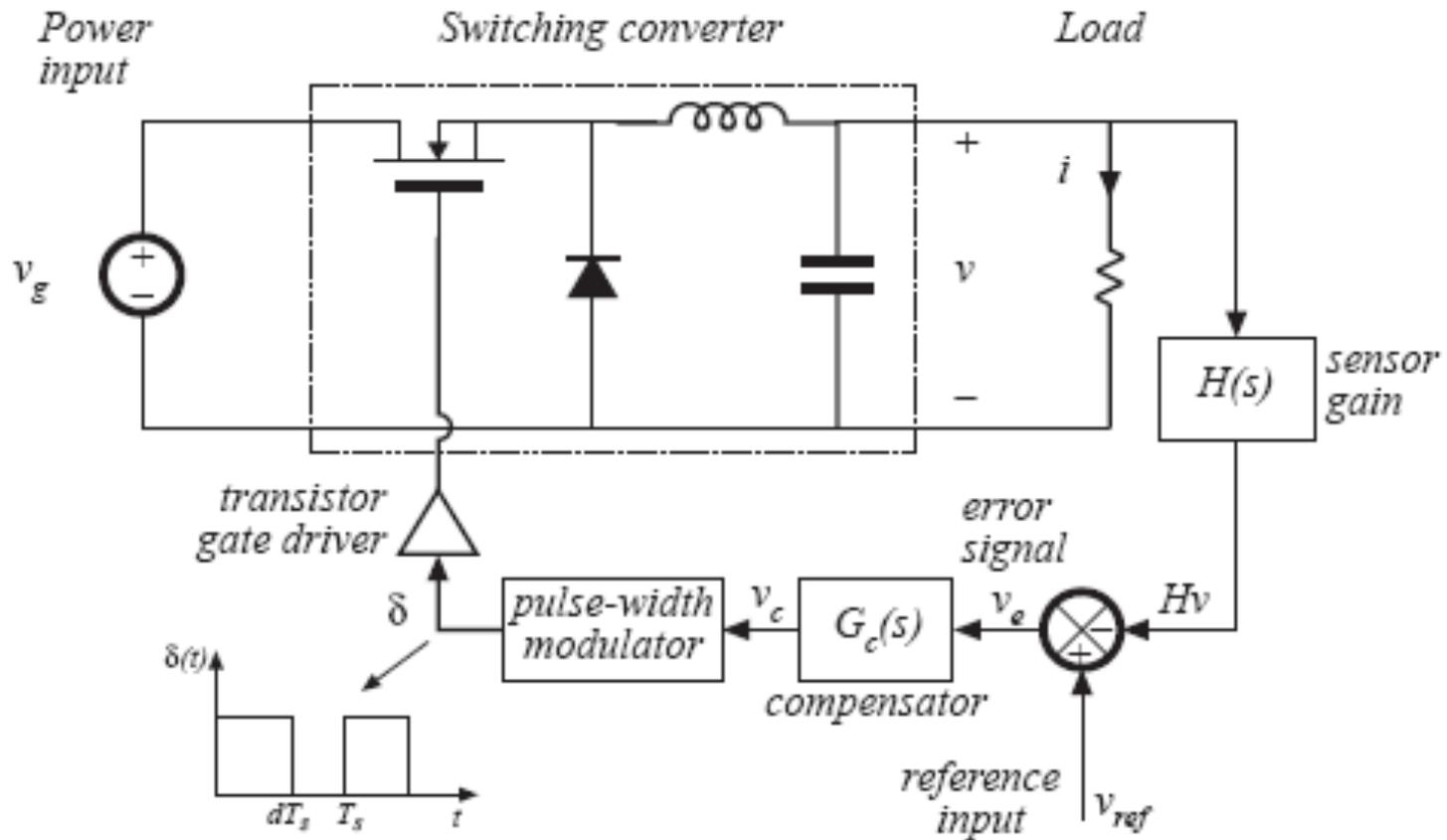


**Exemplo:** Como realizar esta conversão?

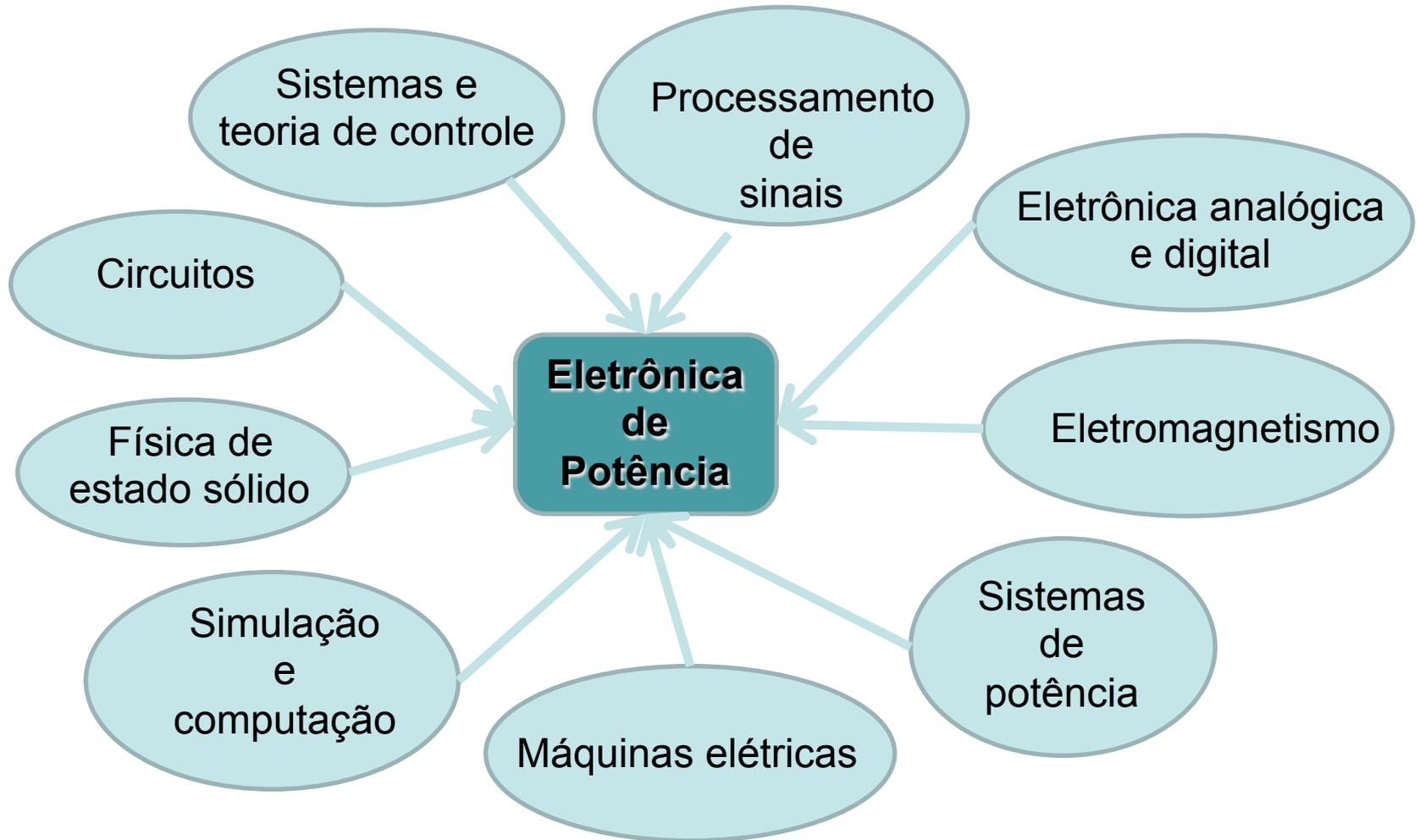
**Usando comutação em alta frequência.**



## Diagrama de blocos completo

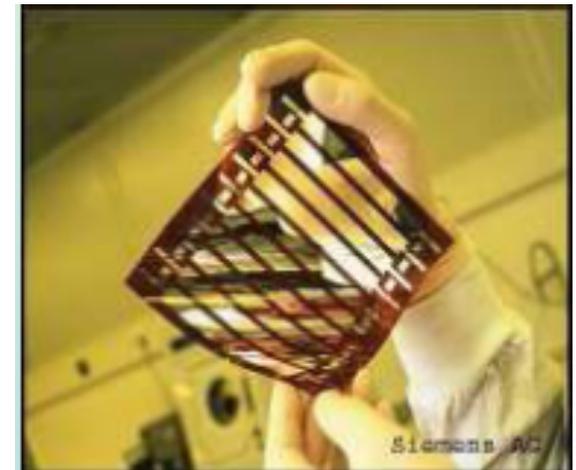


# Interdisciplinaridade da eletrônica de potência

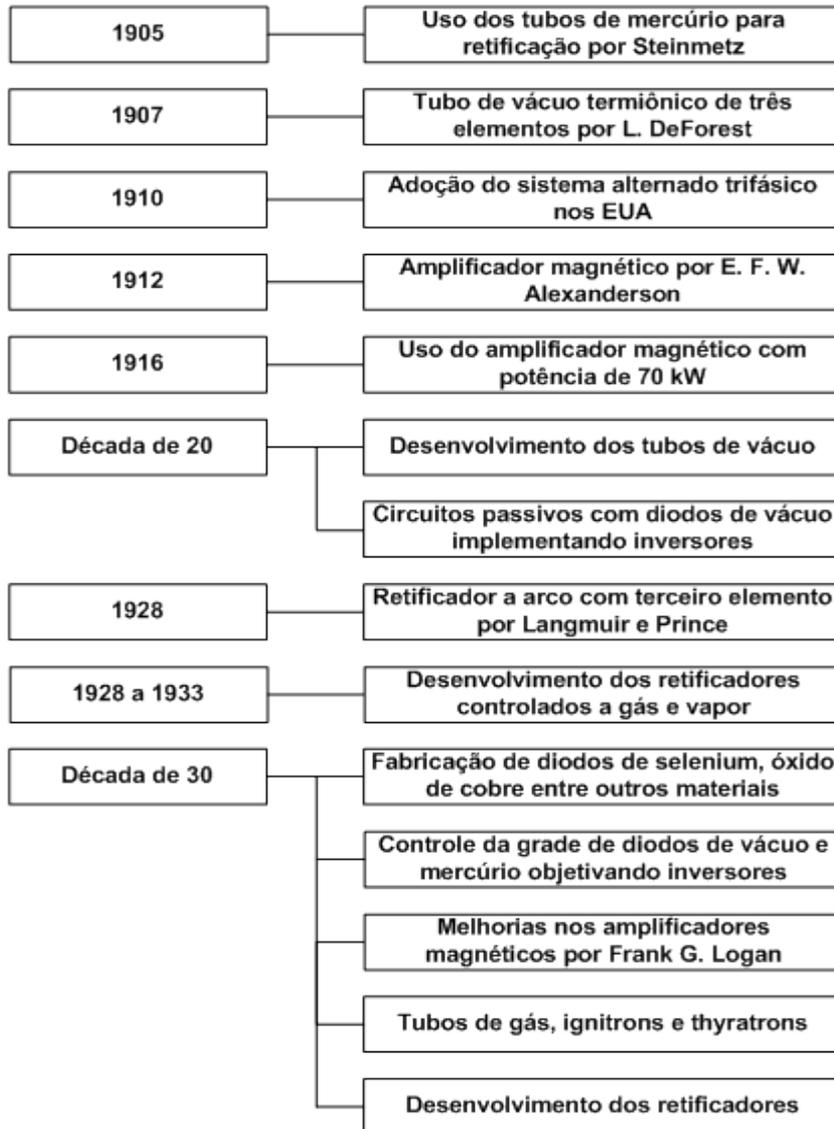


# Breve histórico da eletrônica de potência

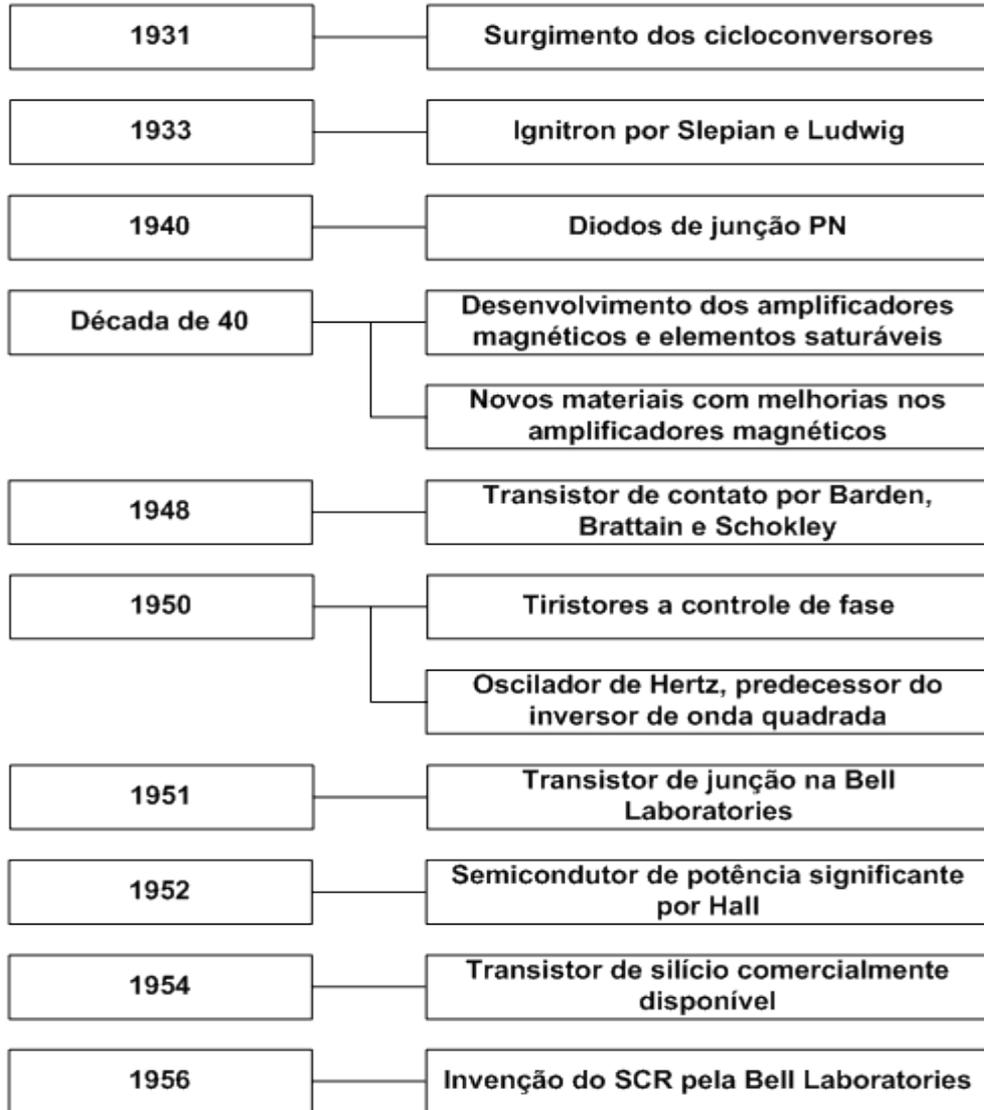
1748	Motor elétrico por Thomas Alva Edison
.... 1880	Estudo de métodos de retificação
1880	George Stanley implementou o transformador
1883	Diodo de selenium por C. T. Fritts
1883	Efeito termiônico
1888	Motor de indução por Tesla
1891	Geração hidrelétrica por Siemens
1900	Lâmpadas de vapor de mercúrio por P. Cooper-Hewitt
1901	Explicação do efeito termiônico por O. W. Richardson
1903	Diodo de tubo de vácuo
1903	Previsão de controlar o retificador de mercúrio por Cooper-Hewitt
1904	Retificação com o efeito termiônico por J. A. Fleming



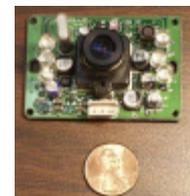
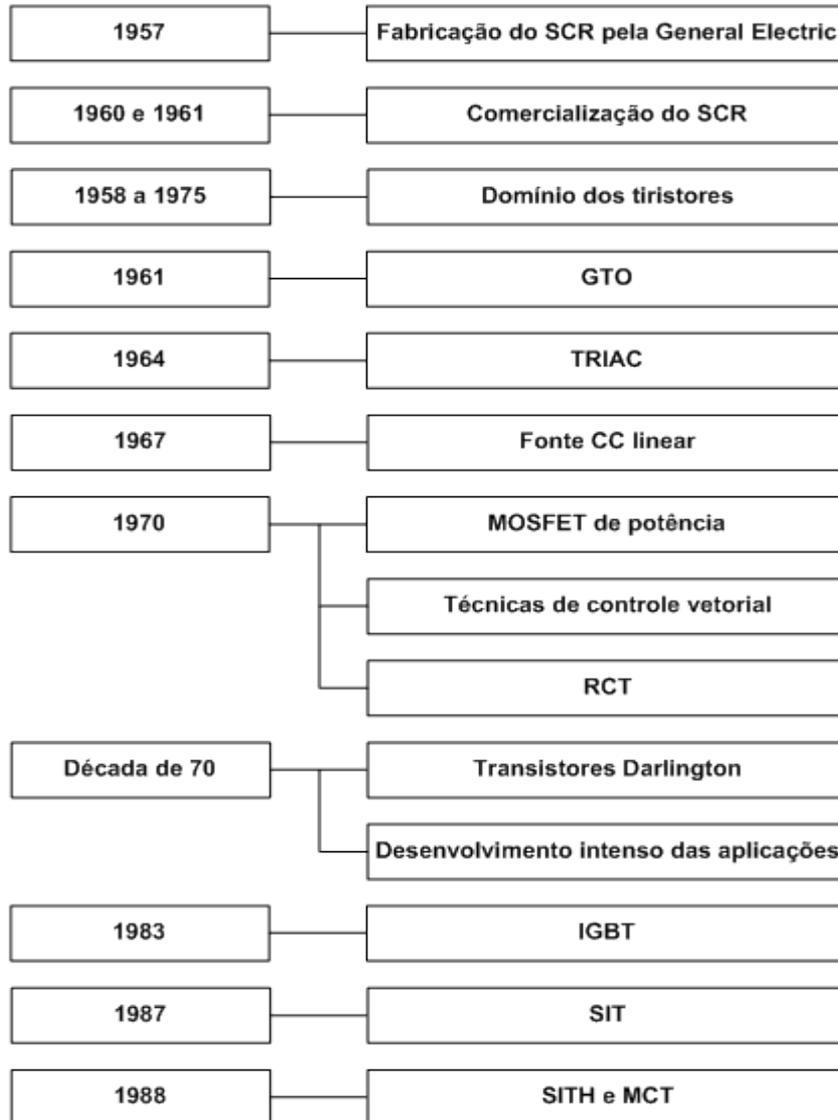
# Breve histórico da eletrônica de potência



# Breve histórico da eletrônica de potência



# Breve histórico da eletrônica de potência



Electronics Museum---Review of 20<sup>th</sup>  
century progress in electronics devices(1900-1999)

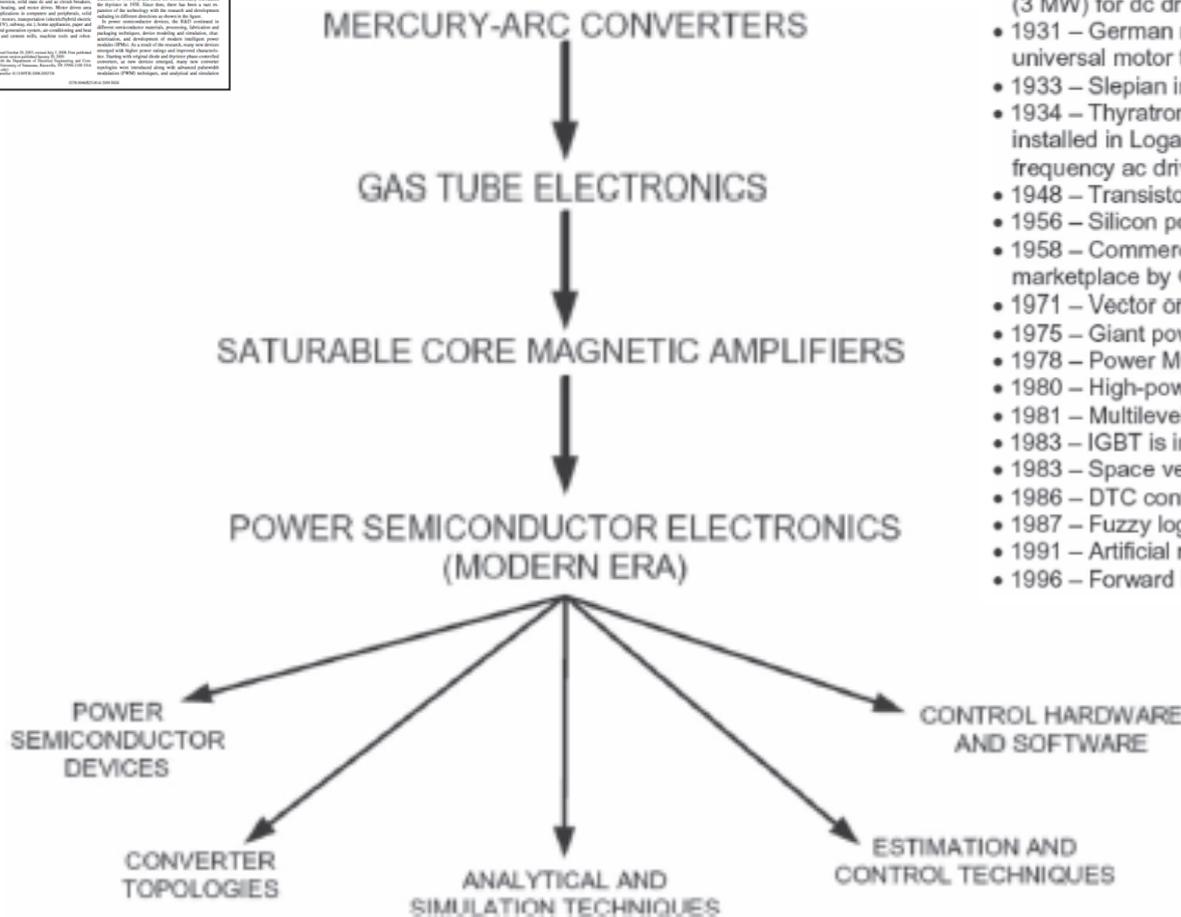
*Leia o artigo*

# Breve histórico da eletrônica de potência



Bimal K. Bose, 2009.

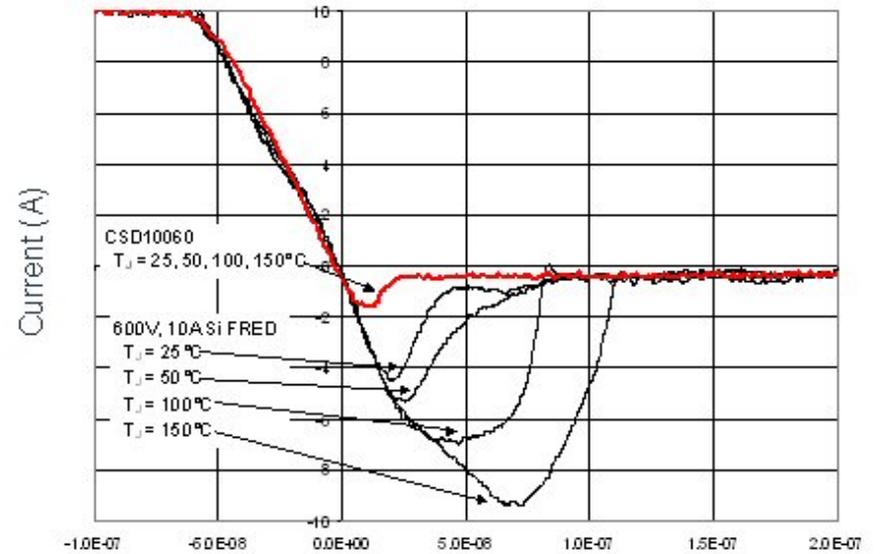
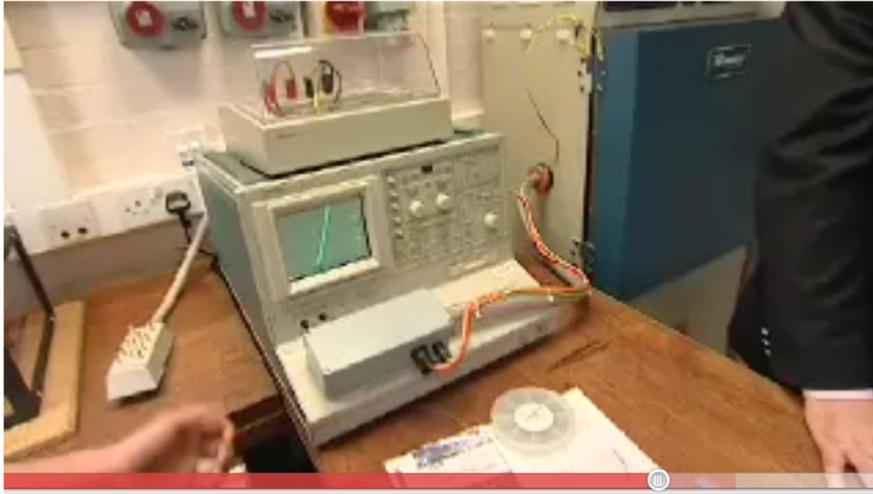
- 1891 – Ward-Leonard dc motor speed control is introduced
- 1897 – Development of three-phase diode bridge rectifier (Graetz circuit)
- 1901 – Peter Cooper Hewitt demonstrates glass-bulb mercury-arc rectifier
- 1906 – Kramer drive is introduced
- 1907 – Scherbius drive is introduced
- 1926 – Hot cathode thyatron is introduced
- 1930 – New York subway installs grid-controlled mercury-arc rectifier (3 MW) for dc drive
- 1931 – German railways introduce mercury-arc cycloconverters for universal motor traction drive
- 1933 – Slepian invents ignitron rectifier
- 1934 – Thyatron cycloconverter—synchronous motor(400 hp) was installed in Logan power station for ID fan drive (first variable-frequency ac drive)
- 1948 – Transistor is invented at Bell Labs
- 1956 – Silicon power diode is introduced
- 1958 – Commercial thyristor (or SCR) was introduced to the marketplace by GE
- 1971 – Vector or field-oriented control for ac motor is introduced
- 1975 – Giant power BJT is introduced in the market by Toshiba
- 1978 – Power MOSFET is introduced by IR
- 1980 – High-power GTOs are introduced in Japan
- 1981 – Multilevel inverter (diode clamped) is introduced
- 1983 – IGBT is introduced
- 1983 – Space vector PWM is introduced
- 1986 – DTC control is invented for induction motors
- 1987 – Fuzzy logic is first applied to power electronics
- 1991 – Artificial neural network is applied to dc motor drive
- 1996 – Forward blocking IGCT is introduced by ABB



# Silicon Carbide - SiC

How silicon carbide could help in the development of electri

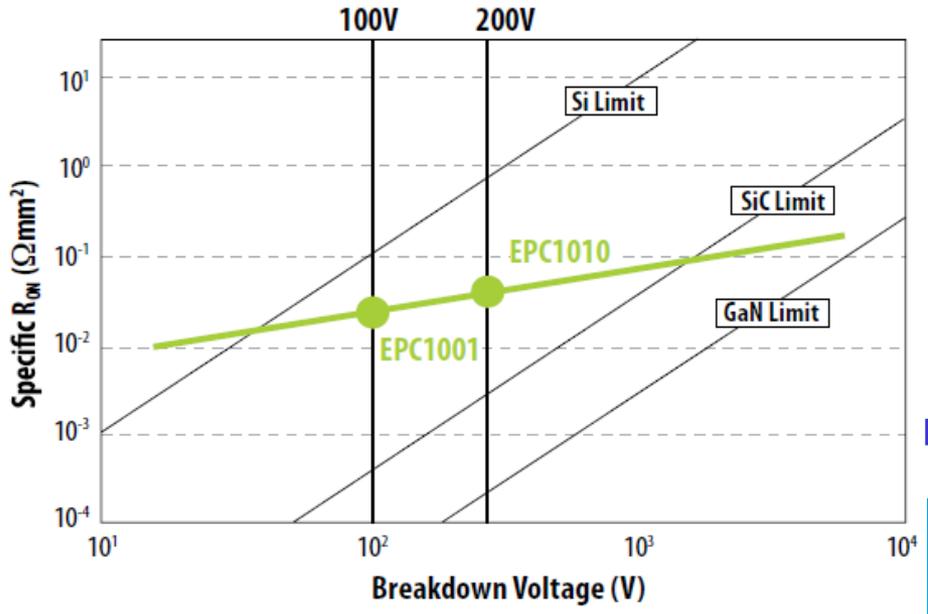
WarwickCAST 130 videos  Inscrever-se



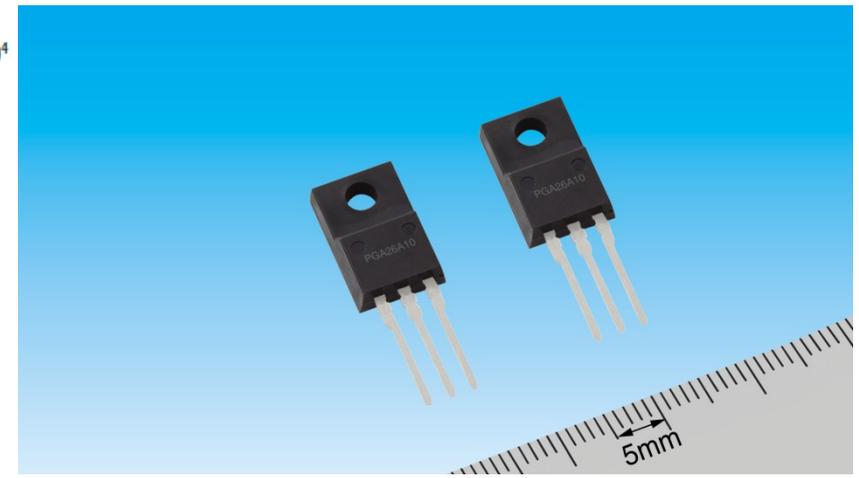
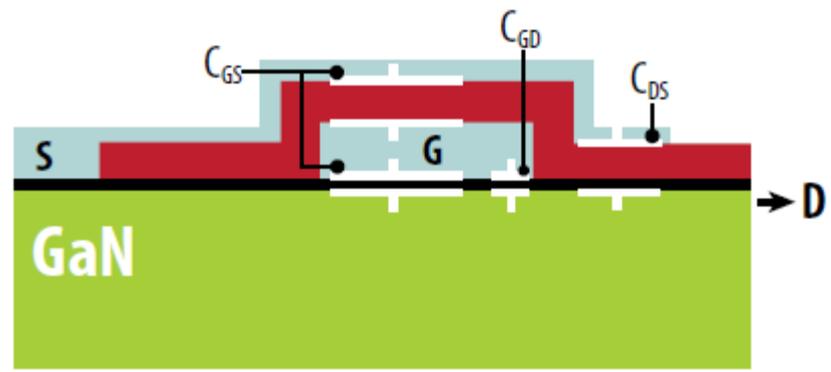
<http://www.youtube.com/watch?v=IPKtRu4y3JY>



# Nitreto de Gálio - GaN



[http://panasonic.net/id/news/20130319\\_1.html](http://panasonic.net/id/news/20130319_1.html)



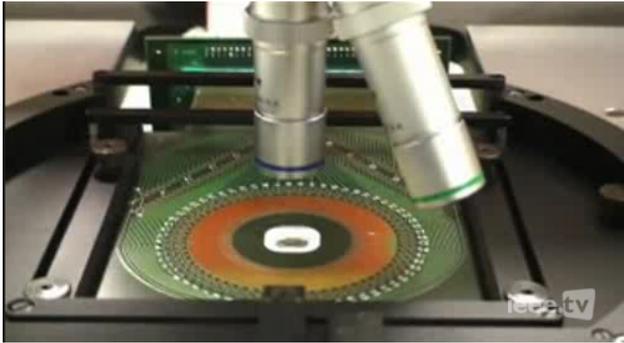
<https://www.youtube.com/watch?v=4tIRFutPFP0>

# Memristor



INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

Eletrônica



## Memristor: cientistas comprovam existência do quarto componente eletrônico fundamental

Redação do Site Inovação Tecnológica - 02/05/2008

Cientistas da HP anunciaram que um novo componente eletrônico, construído por eles em 2005, é na verdade um memristor, o quarto componente eletrônico básico, teorizado pelo cientista Leon Chua, em 1971.

Até agora os cientistas da HP chamavam seu componente de *crossbar latch* - veja a descrição completa de sua estrutura e funcionamento em **Cientistas criam novo componente que poderá substituir o transistor**. Eles deram outro passo importante em sua pesquisa em 2007 (veja **Descoberta avança três gerações na construção de chips**).

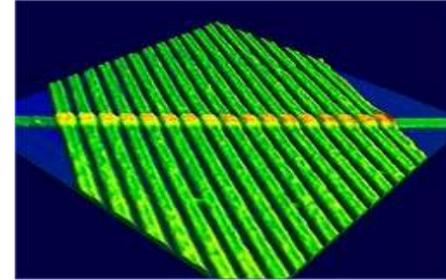


Imagem feita em microscópio de força atômica, mostrando 17 memristores lado a lado. [Imagem: J.J. Yang, HP Labs]

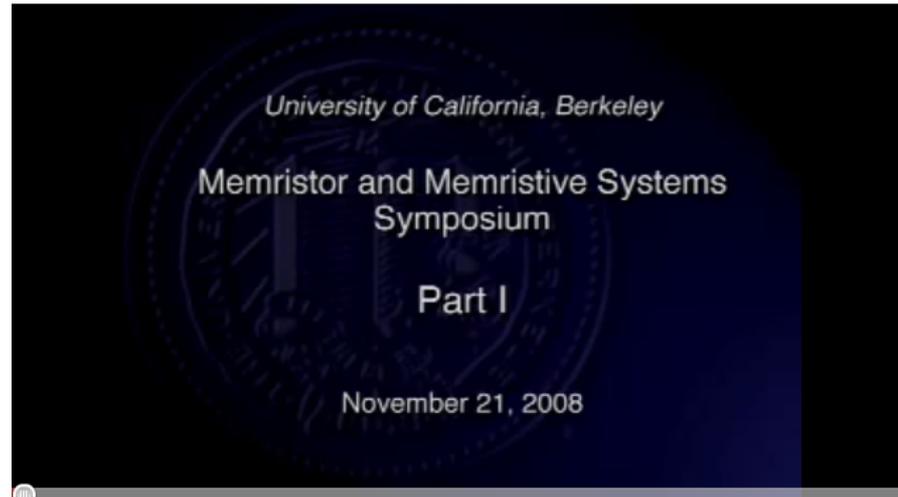
<http://www.ieee.org>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br>



<http://www.youtube.com>

Ver  
Parte 1, 2, 3 e 4



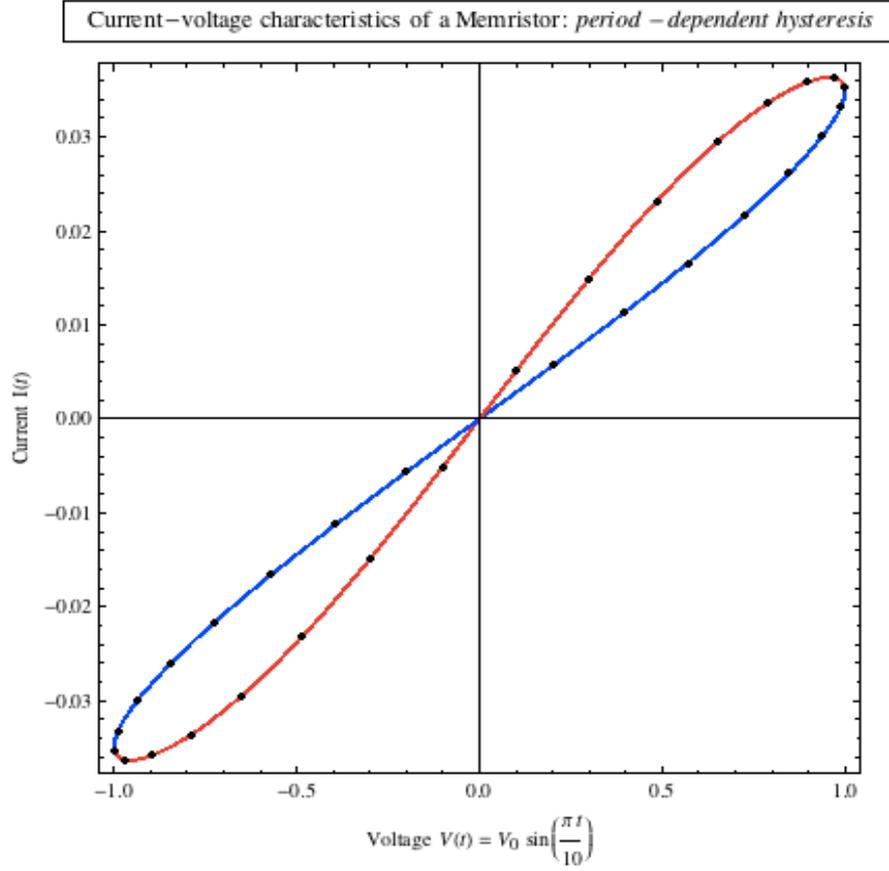
<http://www.youtube.com/watch?v=QFdDPzcZwbs>

## Current-Voltage Characteristics of a Memristor

Wolfram CDF Player

period T of the AC voltage applied across the memristor

initial fraction  $w_0$  of low-resistivity region in the memristor



## Materiais Avançados

### Nobel de Física vai para estudos com o grafeno

Redação do Site Inovação Tecnológica - 05/10/2010

Andre Geim e Konstantin Novoselov, ambos da Universidade de Manchester, no Reino Unido, vão dividir o Prêmio Nobel de Física de 2010 pelos seus trabalhos com o grafeno.

A premiação, de certa forma inesperada - o grafeno foi descoberto por eles em 2004 - mostra o reconhecimento do potencial desse novo material, que possui uma infinidade de usos possíveis, da eletrônica ao sequenciamento de DNA.



Konstantin Novoselov tem 3...  
tem 51. Ambos nasceram no  
Unido. [Imagem: Univ. Manch

<http://www.inovacaotecnologica.com.br>

**Understanding Graphene and Graphene Nanostructures**  
keiouiversity 405 vídeos



Keio University  
Spintronics Research Network

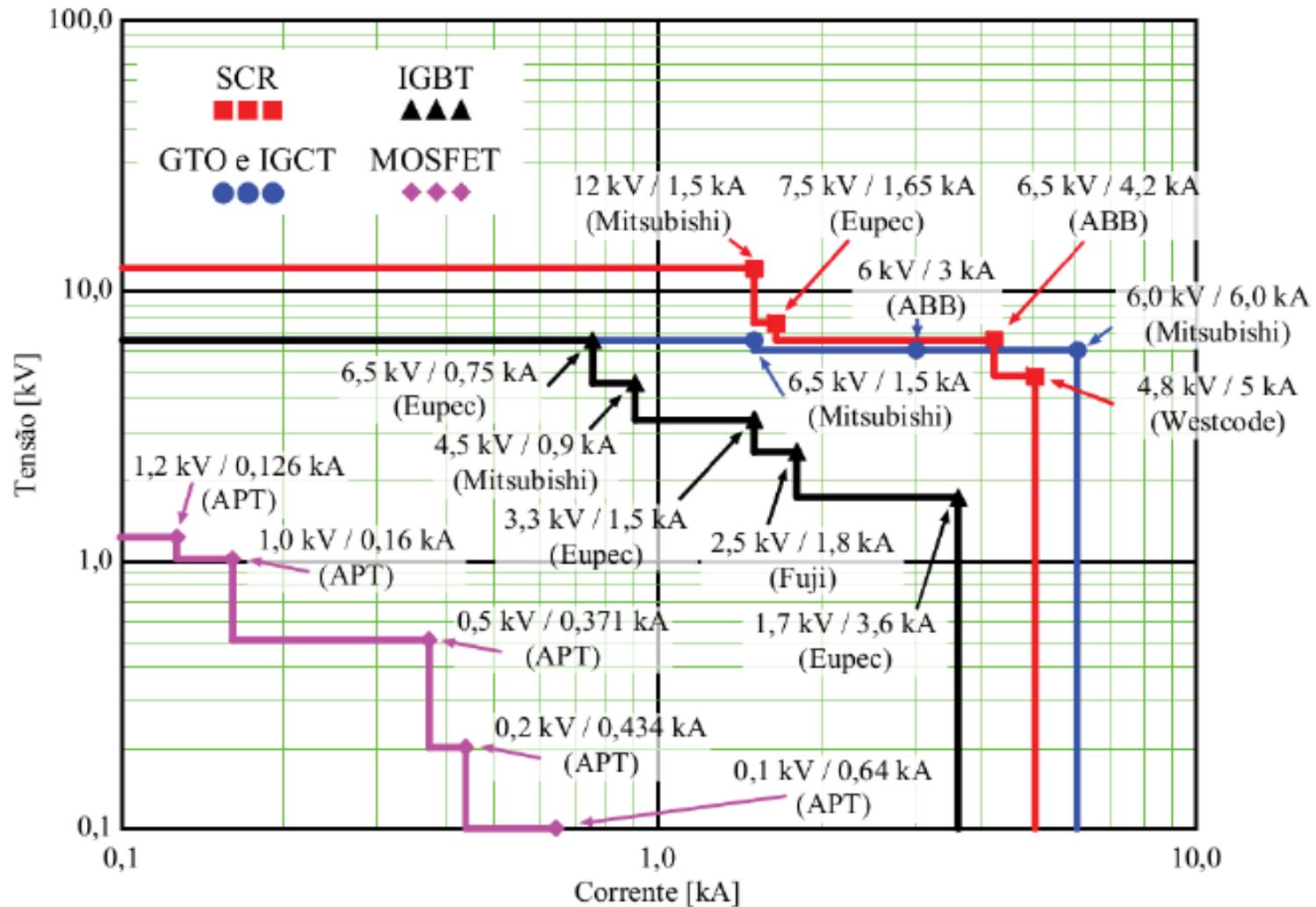


Osaka University  
G-COE Program

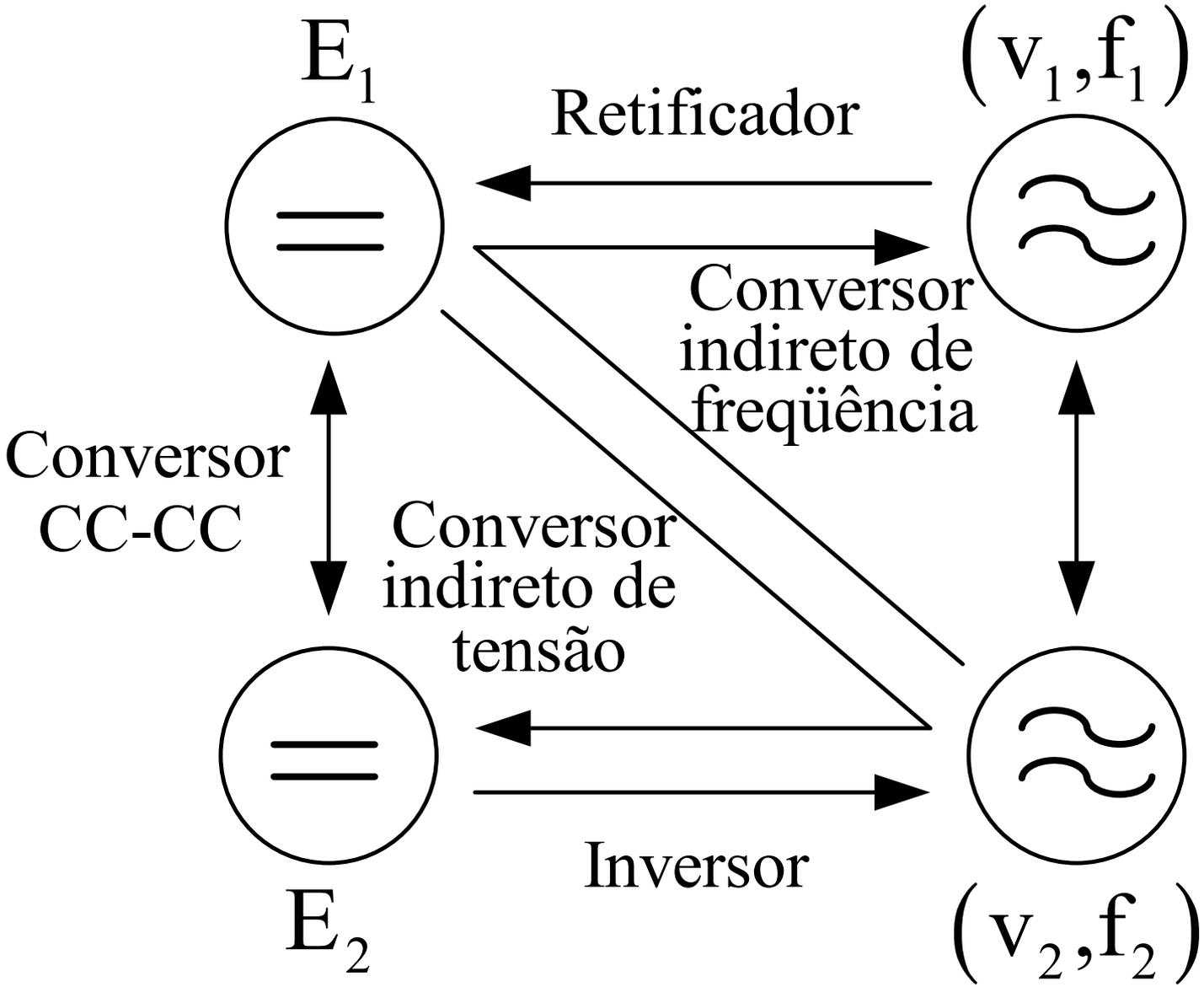
00:00 / 36:46 360p

<http://www.youtube.com/watch?v=8KgrEIRhMCg&feature=related>

# Capacidade dos Transistores atualmente



# Divisão da eletrônica de potência





# Divisão da eletrônica de potência

---

## **Conversores CA-CC:**

- Denominados de retificadores: convertem a tensão alternada da rede de energia elétrica em uma tensão contínua;

## **Conversores CC-CC:**

- Denominados de choppers: convertem tensão contínua em tensão contínua;

## **Conversores CC-CA:**

- Denominados de inversores: convertem tensão contínua em alternada, muito usados em acionamento;

## **Conversores CA-CA:**

- Denominados de choppers CA: convertem a tensão alternada da rede de energia elétrica em tensão alternada estabilizada, por exemplo.

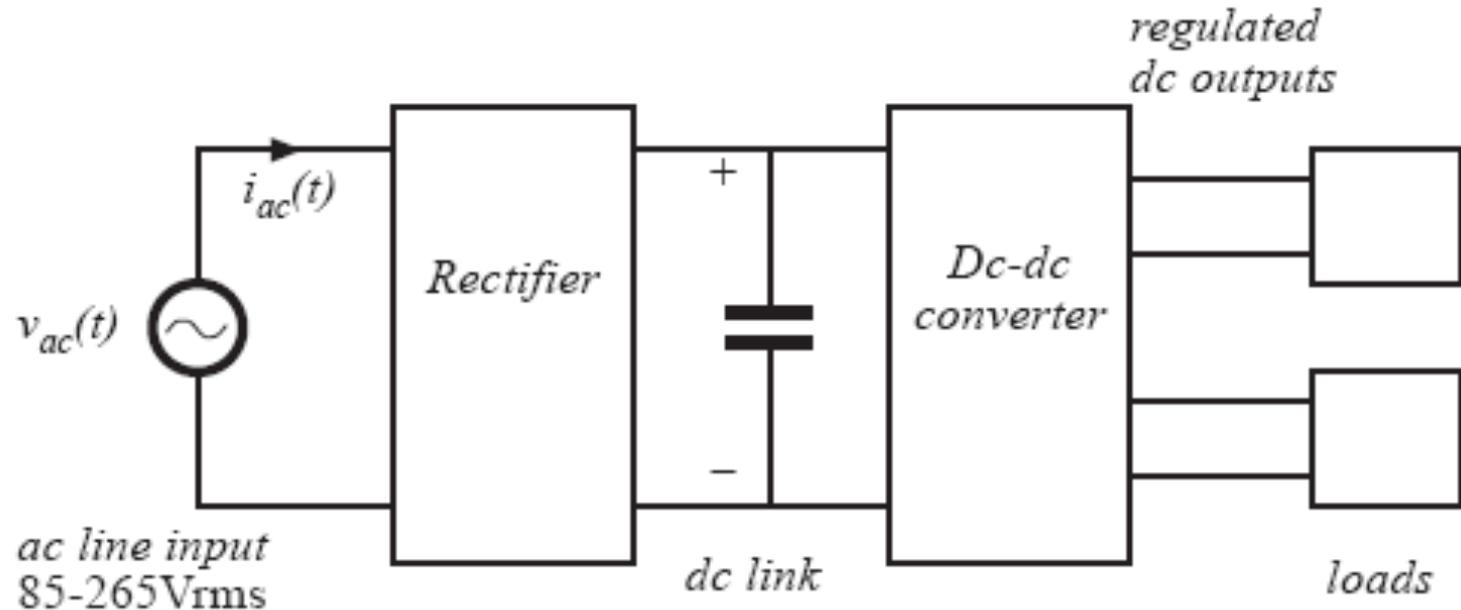
## Aplicações:

- Fontes chaveadas;
- Controle de motores de corrente contínua e alternada;
- Conversores para soldagem;
- Alimentação de emergência;
- Carregadores de bateria;
- Retificadores para eletroquímica;
- Transmissão em corrente contínua;
- Reatores eletrônicos;
- Filtros ativos;
- Compensadores estáticos;
- Processamento de energias alternativas;
- Amplificadores de potência;
- Controles de temperatura;
- Entre outras.

# Aplicações da eletrônica de potência

## Aplicações:

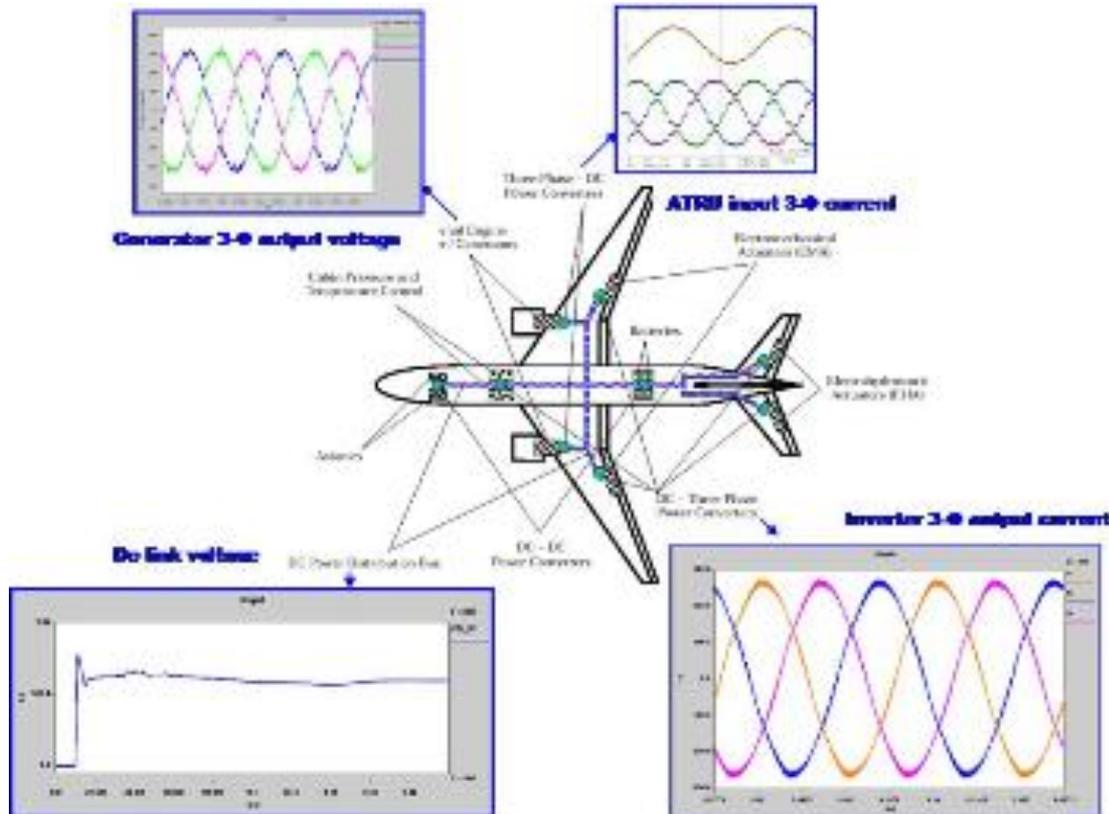
- Fontes chaveadas;



# Aplicações da eletrônica de potência

## Aplicações:

- Sistema de alimentação de aviões;

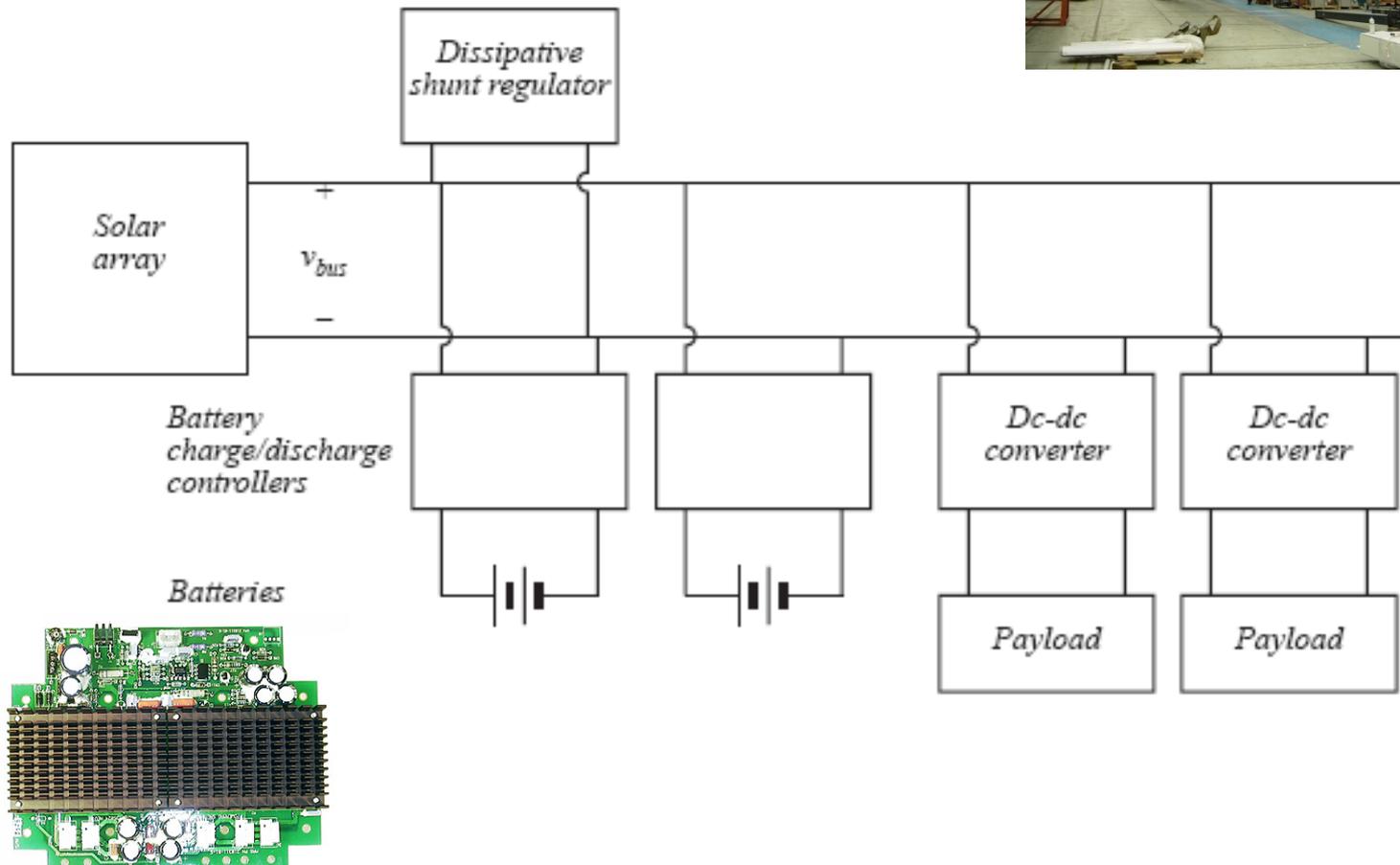


# Aplicações da eletrônica de potência



## Aplicações:

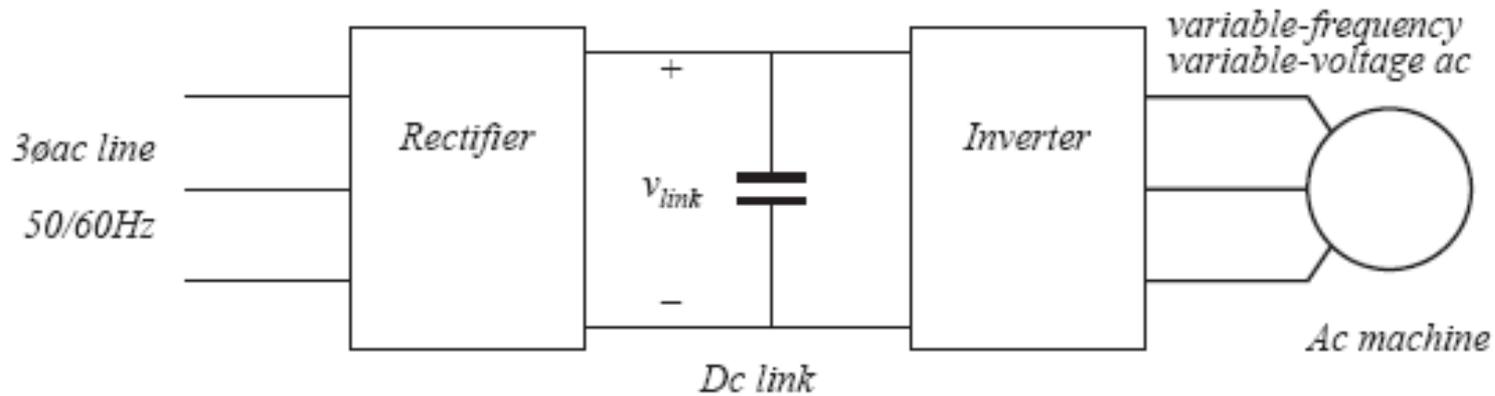
- Sistema Elétrico de Satélite;



# Aplicações da eletrônica de potência

## Aplicações:

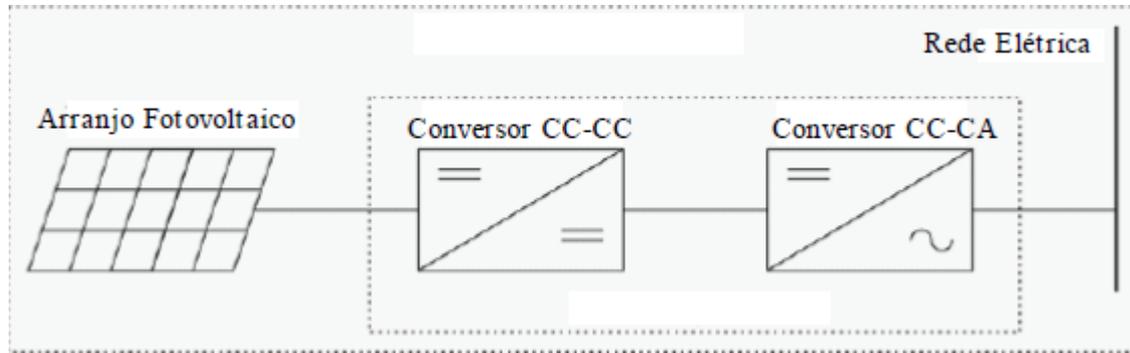
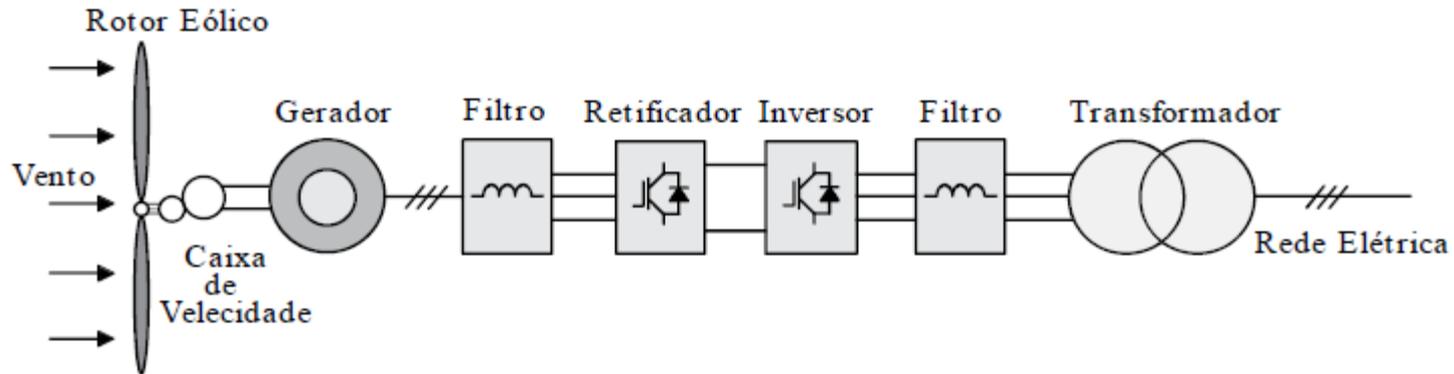
- Acionamento de motores CA;



# Aplicações da eletrônica de potência

## Aplicações:

- Microgerações – Interface com a rede elétrica;



<http://www.sma.com>

## Apresentação dos principais softwares:

1. Simulação de circuitos eletrônicos;
2. Software matemáticos.

