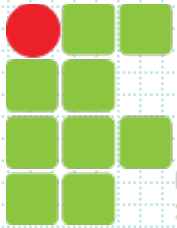
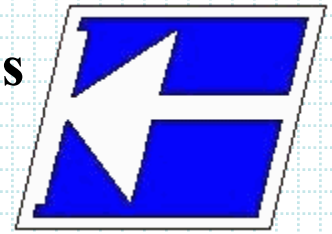
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Pós-Graduação em Desen. de Produtos Eletrônicos
Conversores Estáticos e Fontes Chaveadas





Retificadores e Filtros Capacitivos

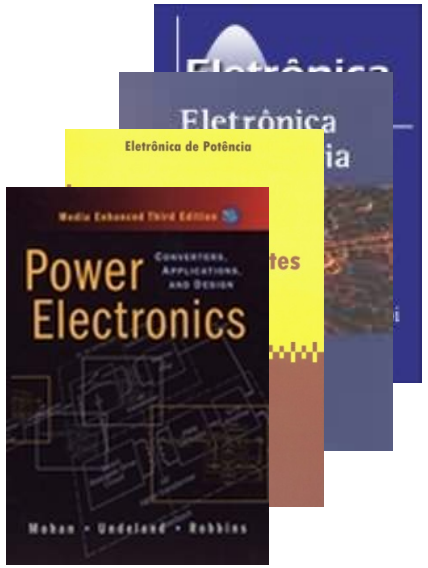
Prof. Clóvis Antônio Petry.
Prof. Joabel Moia.

Florianópolis, março de 2014.

Bibliografia para esta aula

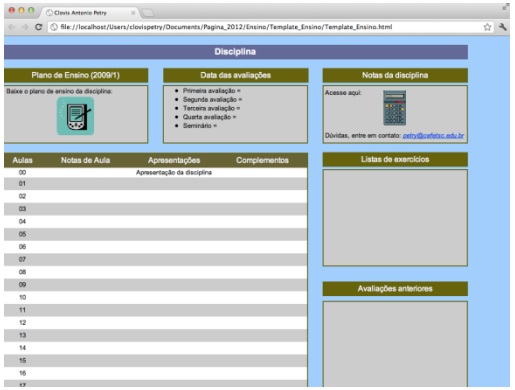
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Conversores CA-CC:

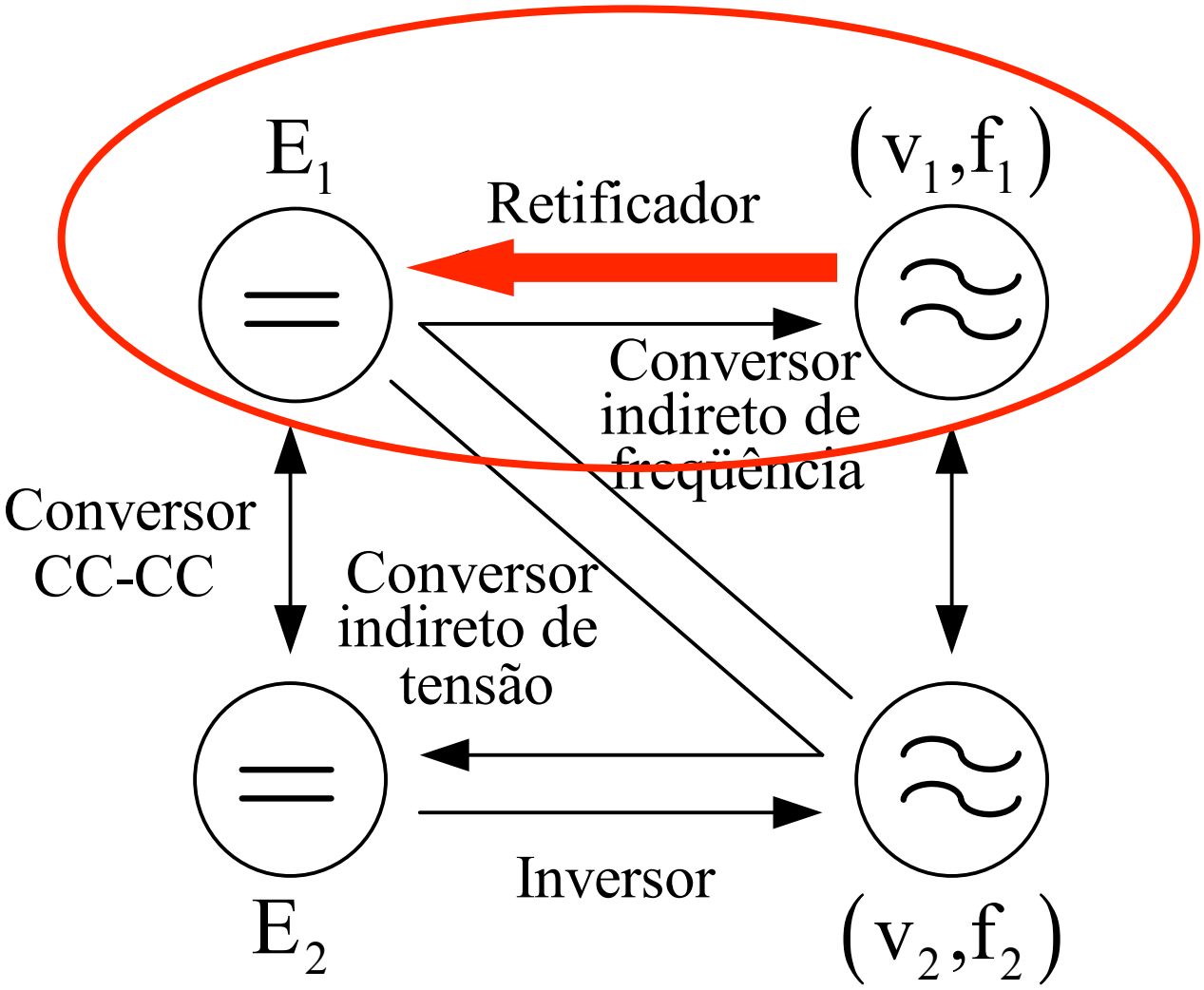


1. Características gerais e aplicações;
2. Retificadores Monofásicos;
3. Retificadores Trifásicos;
4. Retificadores Controlados;
5. Retificadores de múltiplos pulsos;
6. Retificadores com filtro capacitivo puro;
7. Retificador monofásico de onda completa com filtro;
8. Dobrador de tensão monofásico;
9. Retificador trifásico com filtro capacitivo.

www.ProfessorPetry.com.br

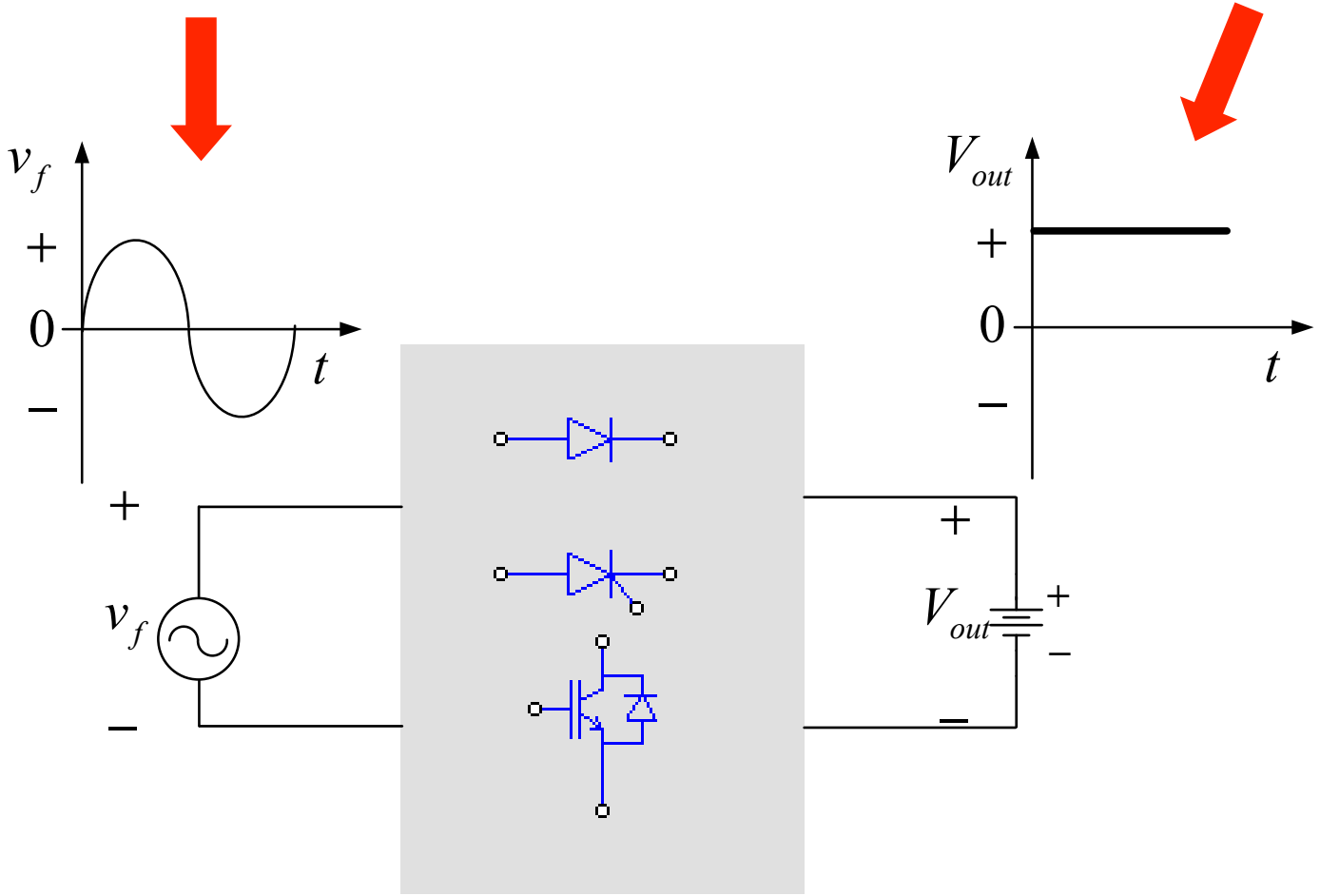


Conversores CA-CC - Introdução



Princípio geral

convertem a tensão alternada da rede de energia elétrica em uma tensão contínua



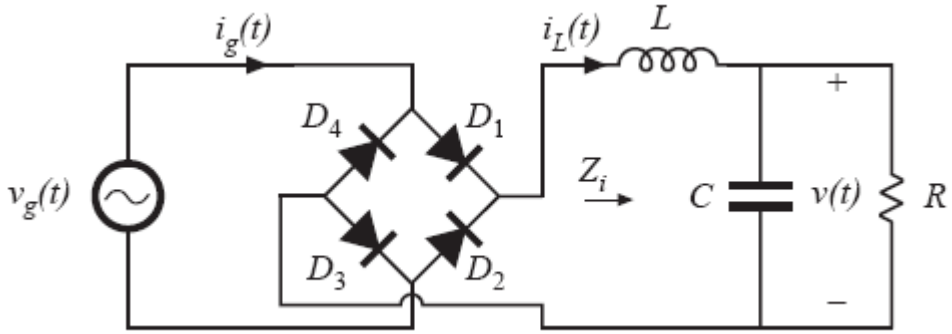
Conversores CA-CC – Introdução

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

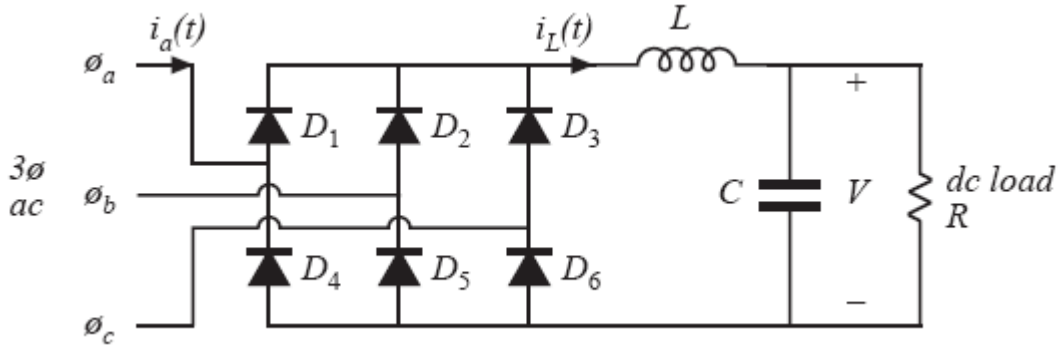
Os retificadores podem ser:

- Monofásicos, trifásicos ou n-fásicos;
- Unidirecionais ou bidirecionais;
- Controlados ou não-controlados;
- Com ou sem correção de fator de potência;
- Isolados ou não-isolados;
- Um pulso ou múltiplos pulsos.

Número de fases

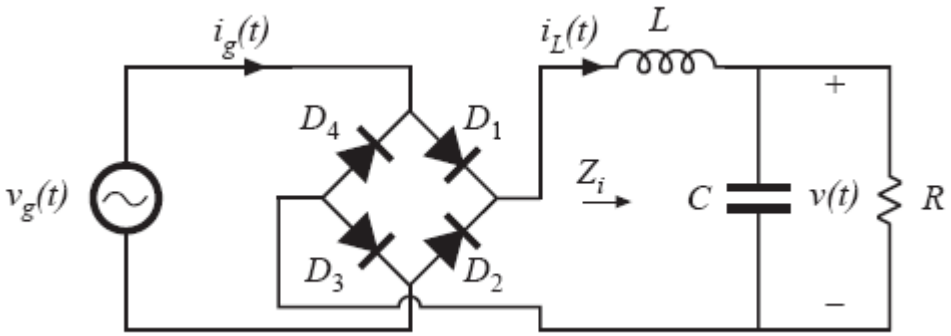


Monofásico



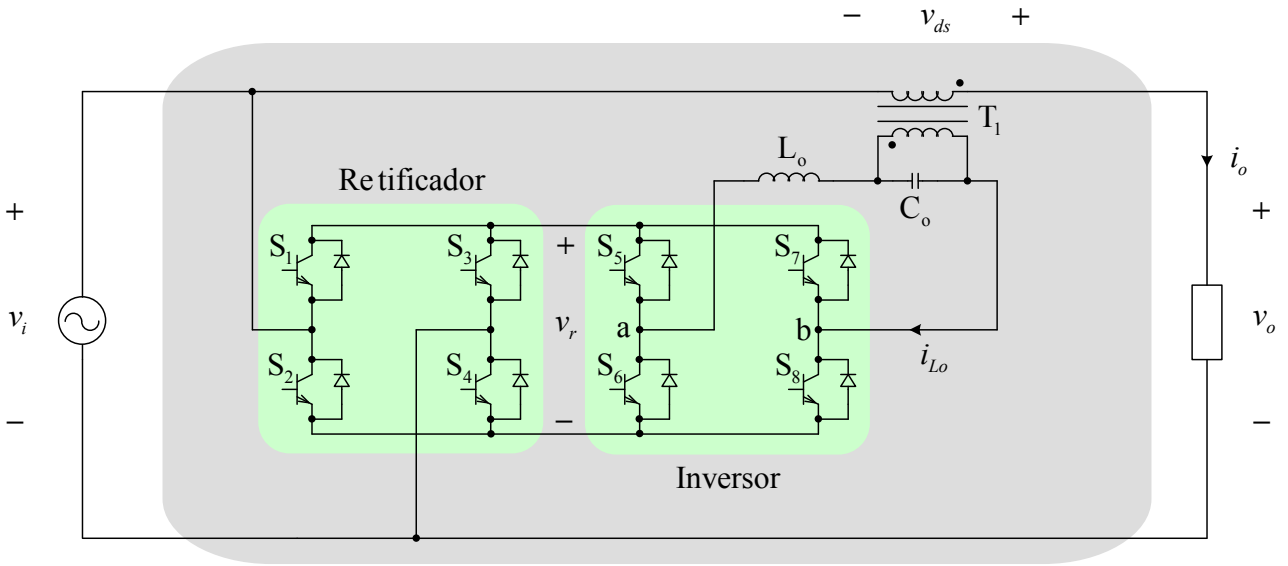
Trifásico

Direcionalidade

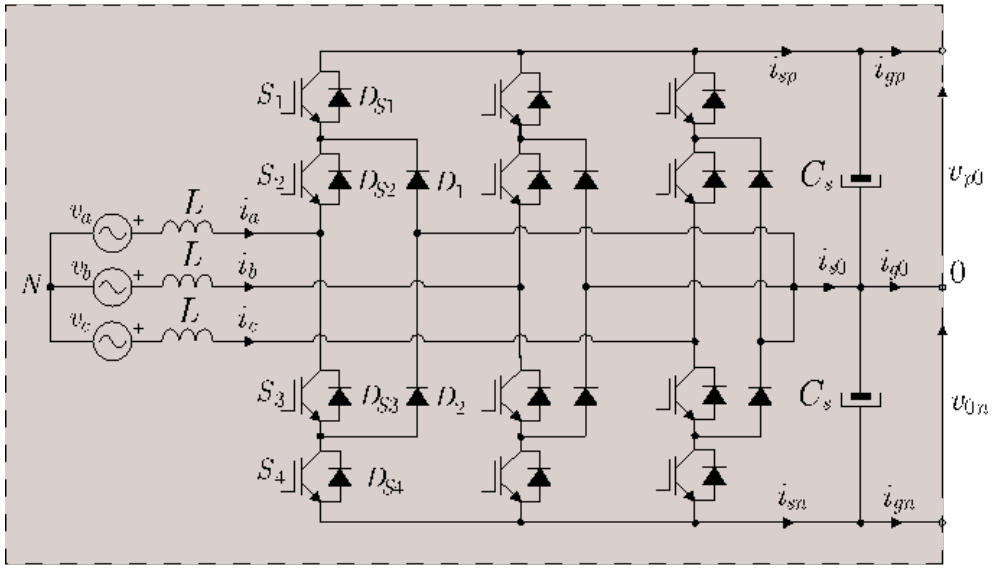


Unidirecional

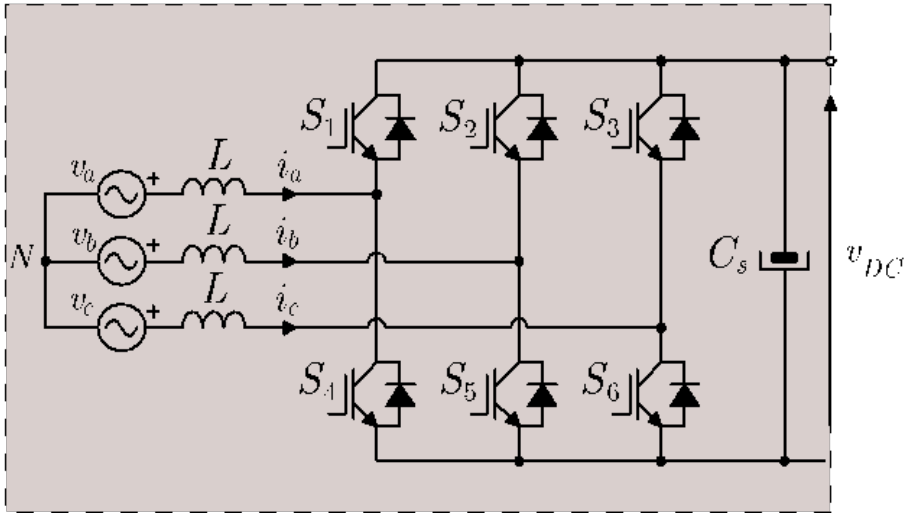
Bidirecional



Outros Retificadores - Bidirecionais



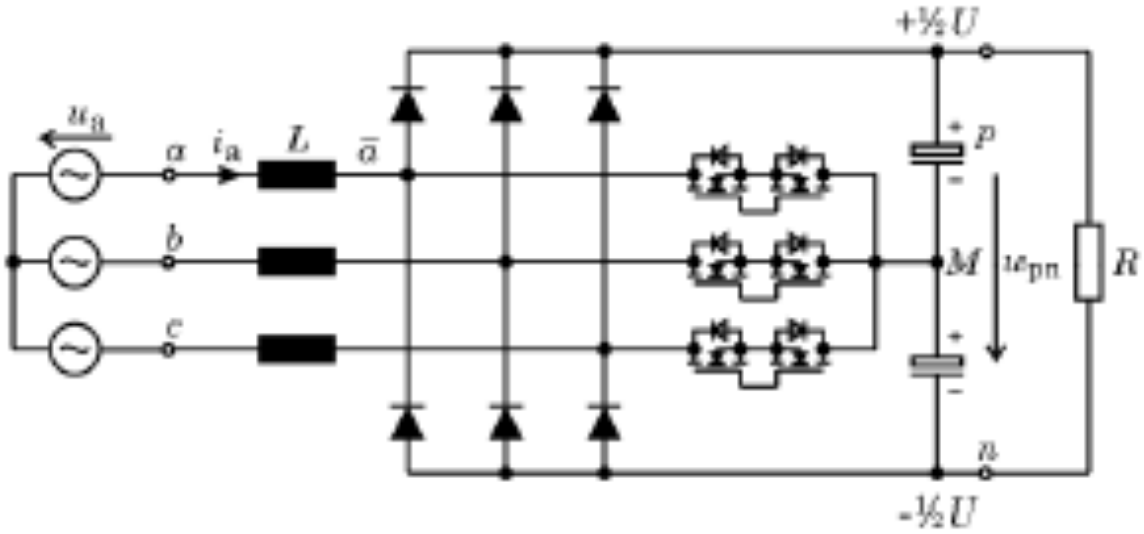
NPC – 3 níveis



VSR – 2 Níveis

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

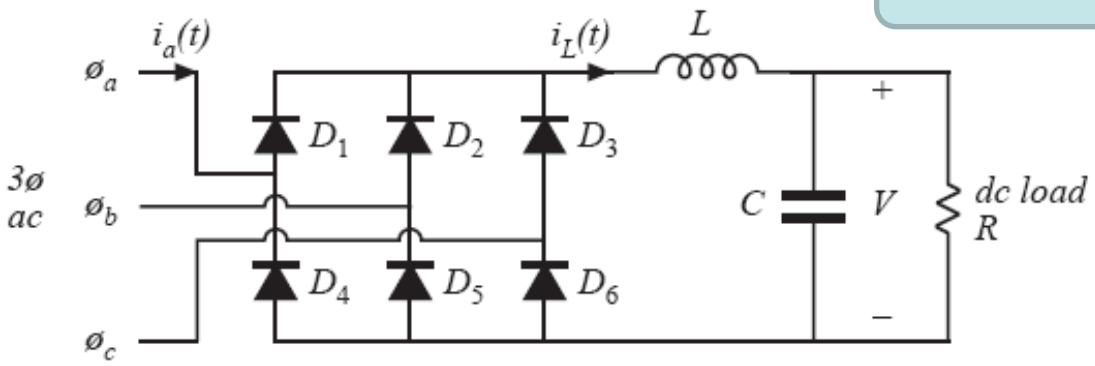
Outros Retificadores - Unidirecionais

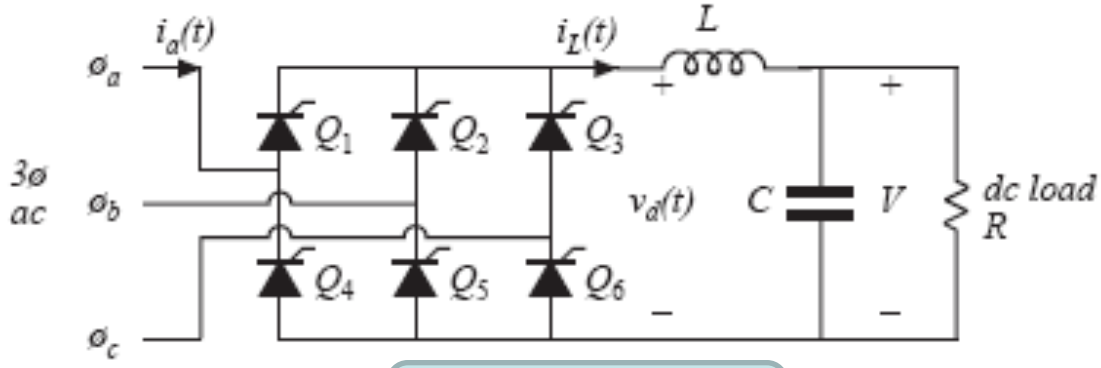


Vienna – 3 níveis

Controle

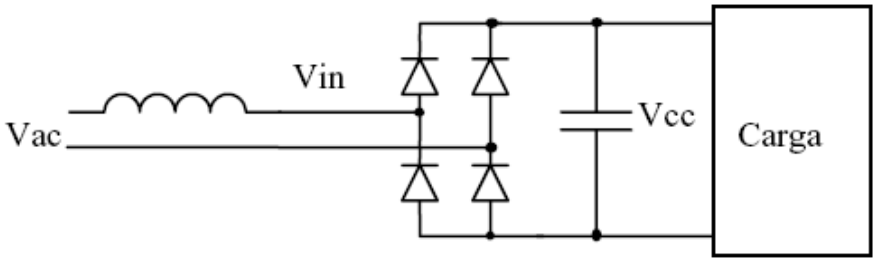
Não-controlado



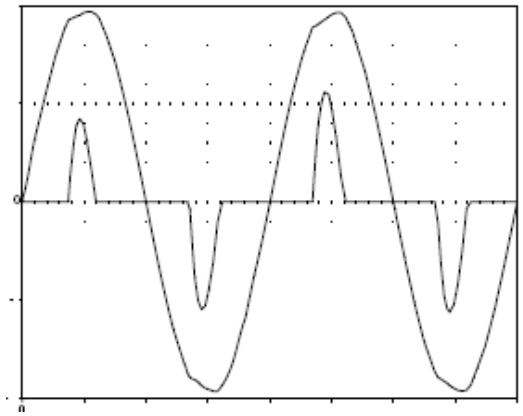


Controlado

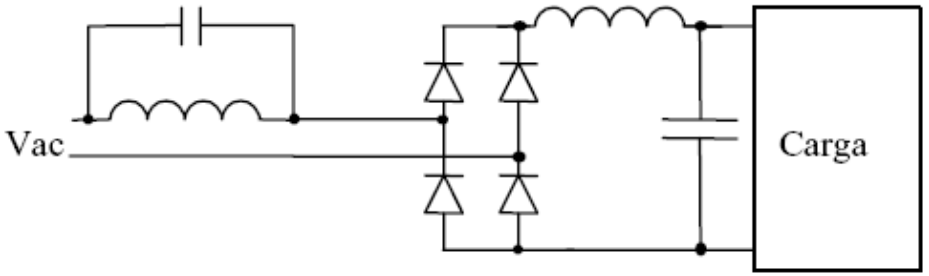
Fator de potência

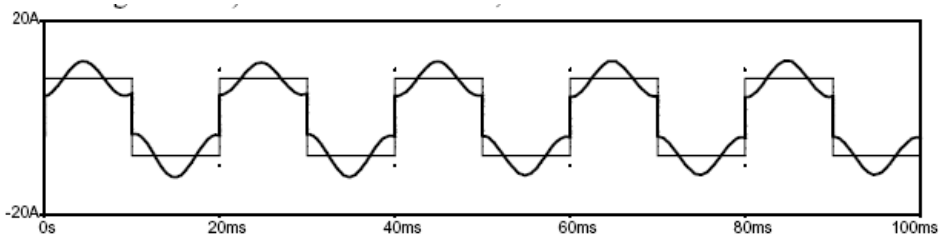


Sem correção

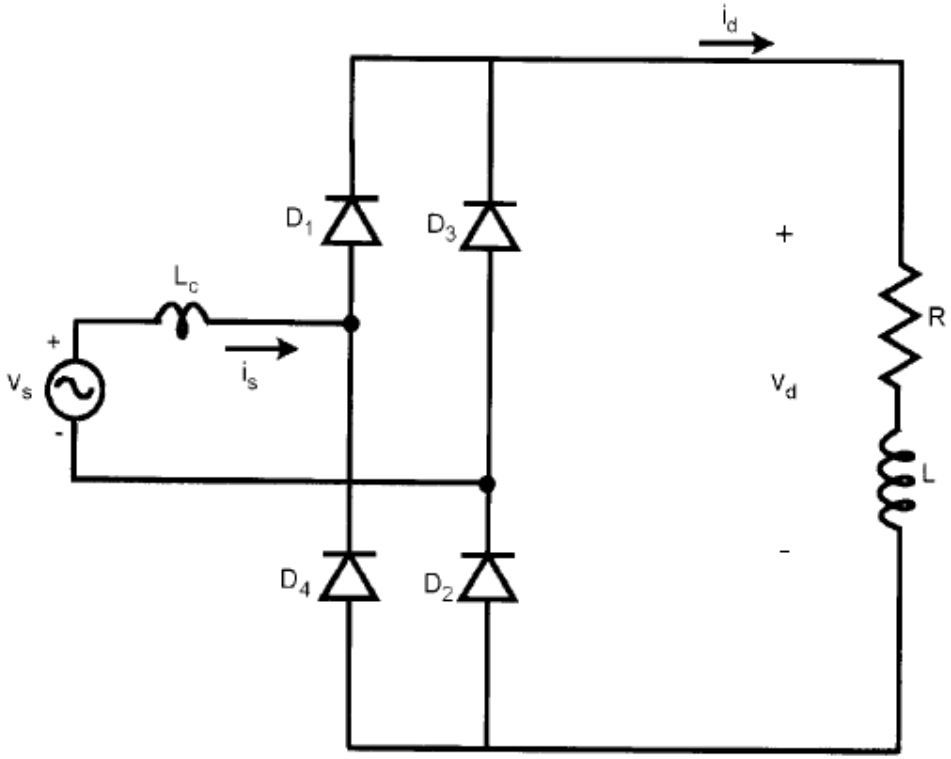


Com correção



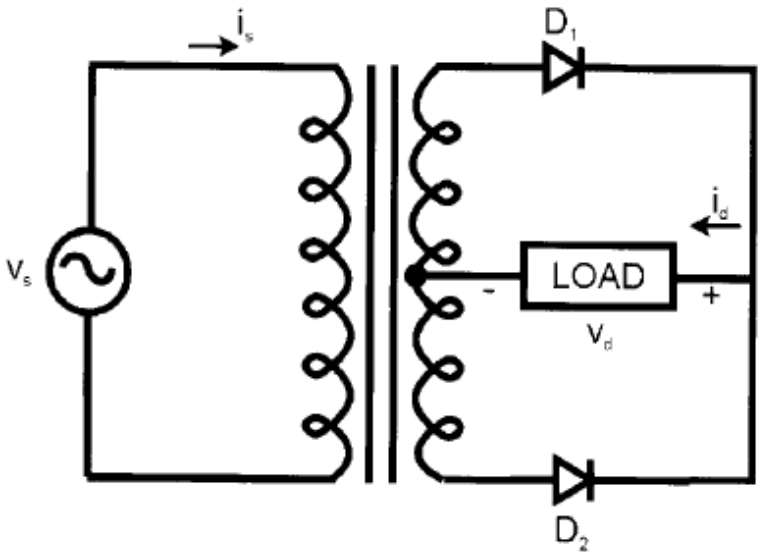


Isolamento

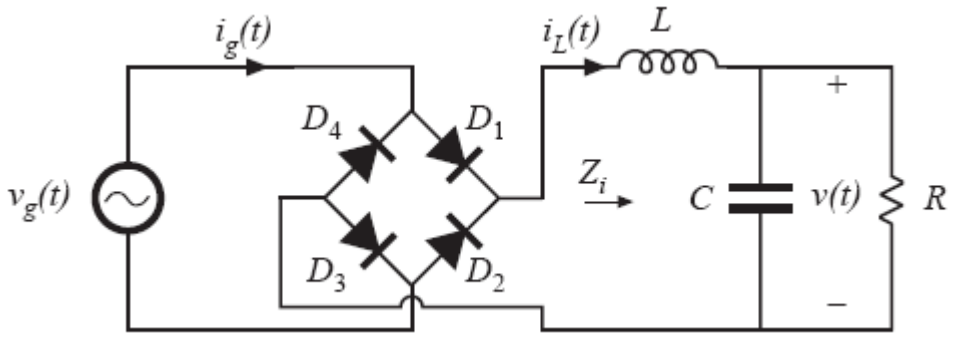


Não-isolado

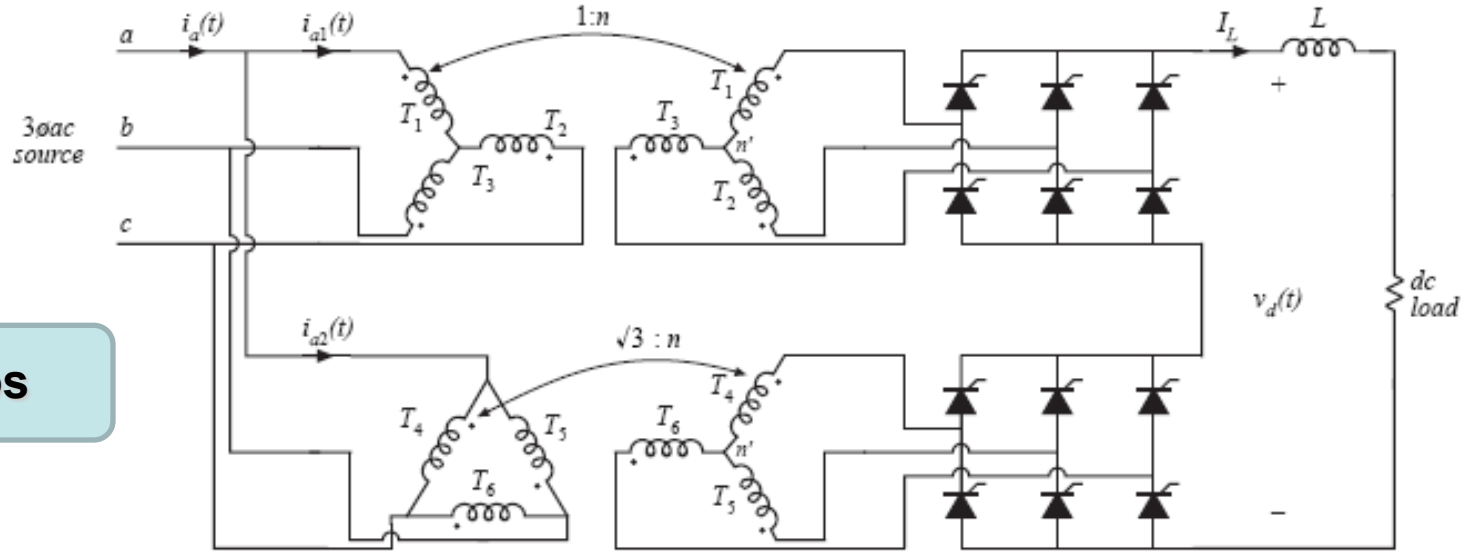
Isolado



Número de pulsos



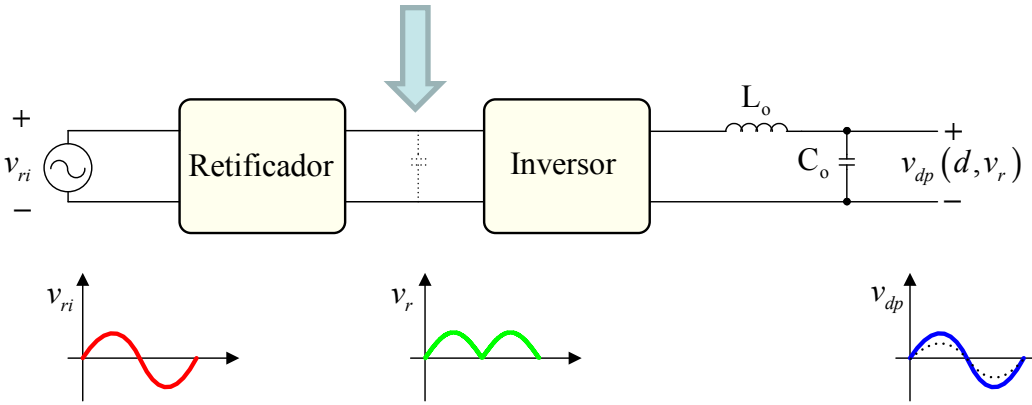
2 pulsos



12 pulsos

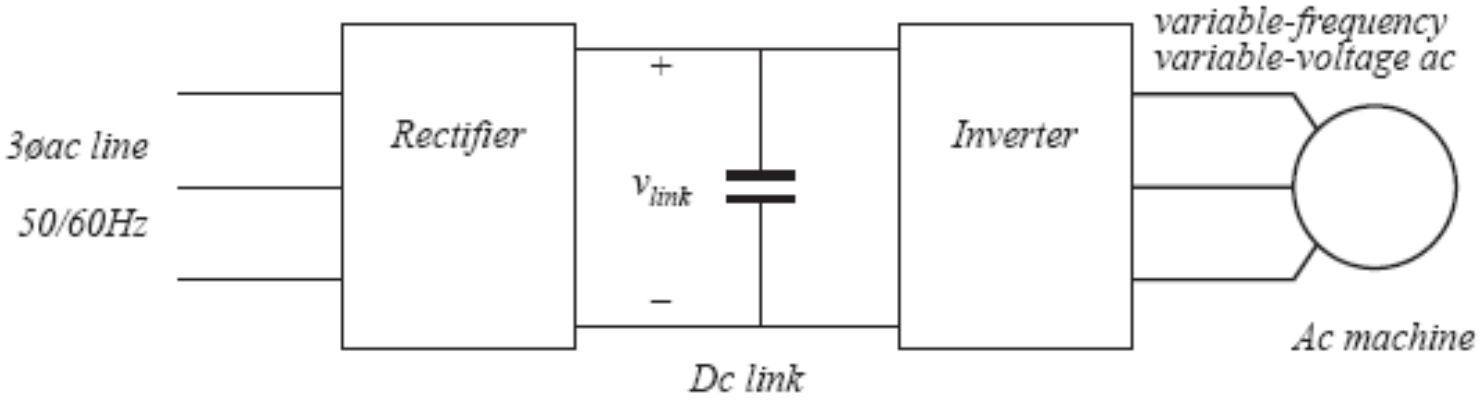
Aplicações dos retificadores

- Processos eletroquímicos, tais como: anodização, produção de gases, refinamento de metais, eletrodeposição, etc.;
- Soldagem elétrica;
- Acionamentos a velocidade ajustável;
- Sistemas HVDC;
- Fontes de uso geral e ininterruptas;
- Interfaceamento de sistemas de energia alternativa com a rede de energia elétrica;
- Reatores eletrônicos e todos os outros circuitos que utilizam processamento indireto de energia.



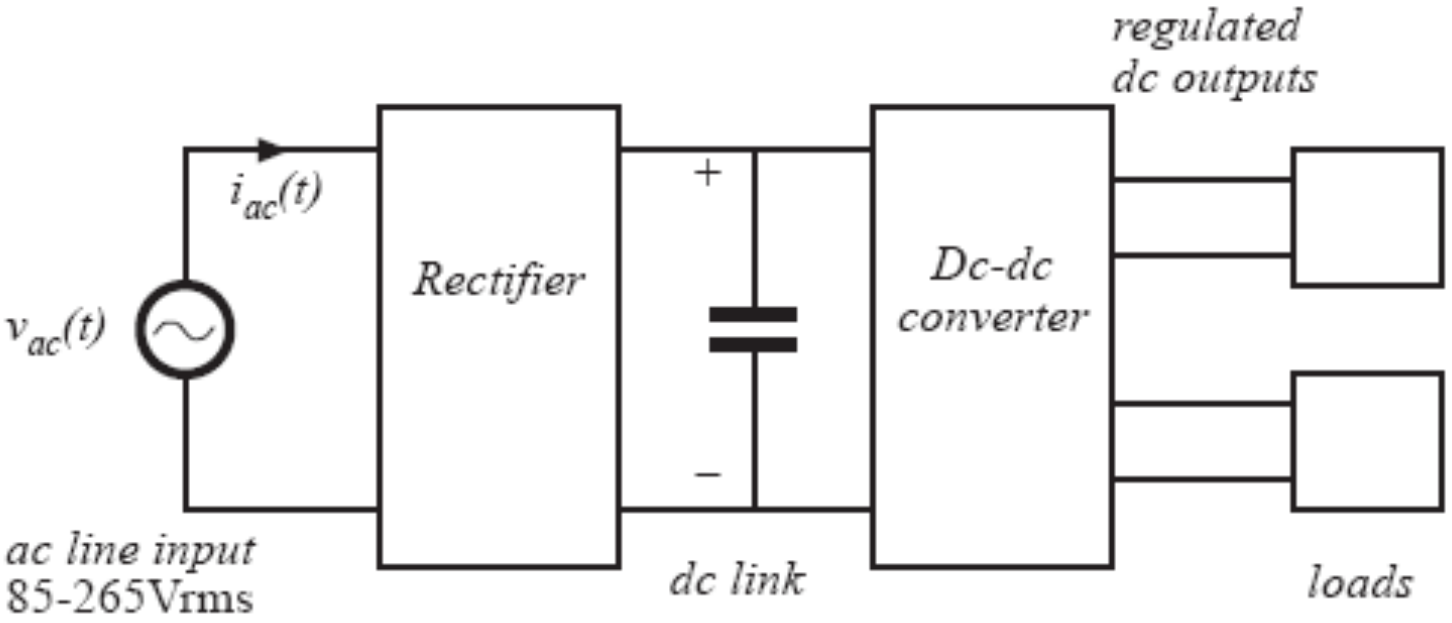
Aplicações dos retificadores

- Acionamento de motores CA



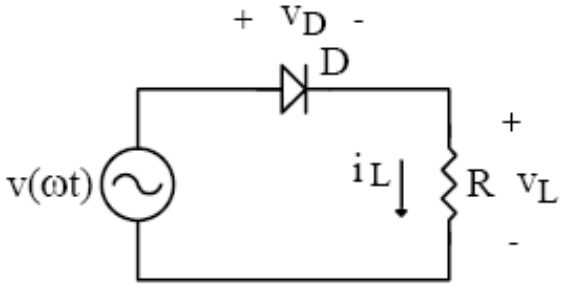
Aplicações dos retificadores

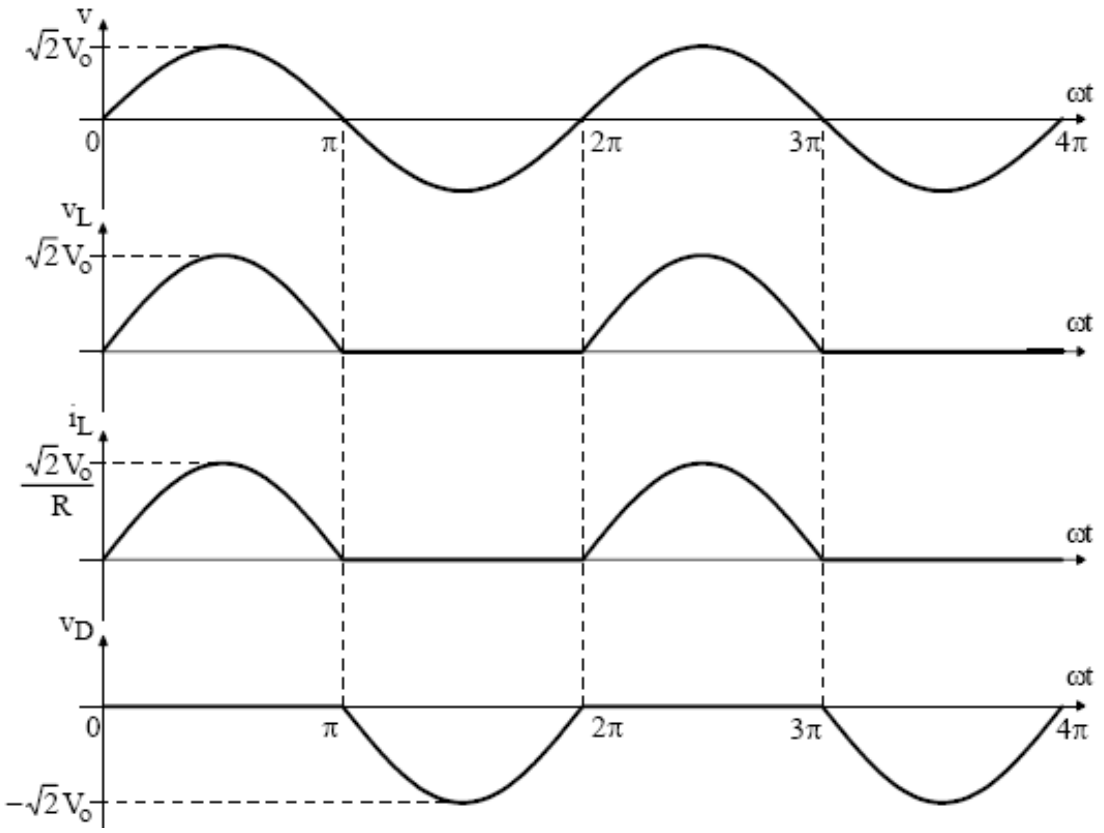
- Fontes chaveadas



Retificador monofásico de meia onda

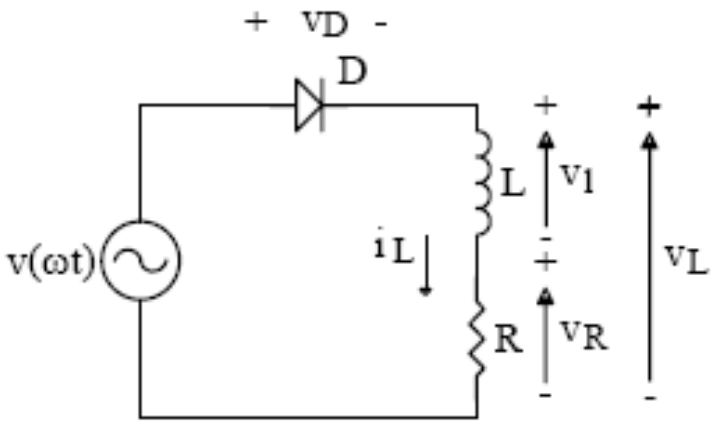
Carga resistiva pura:

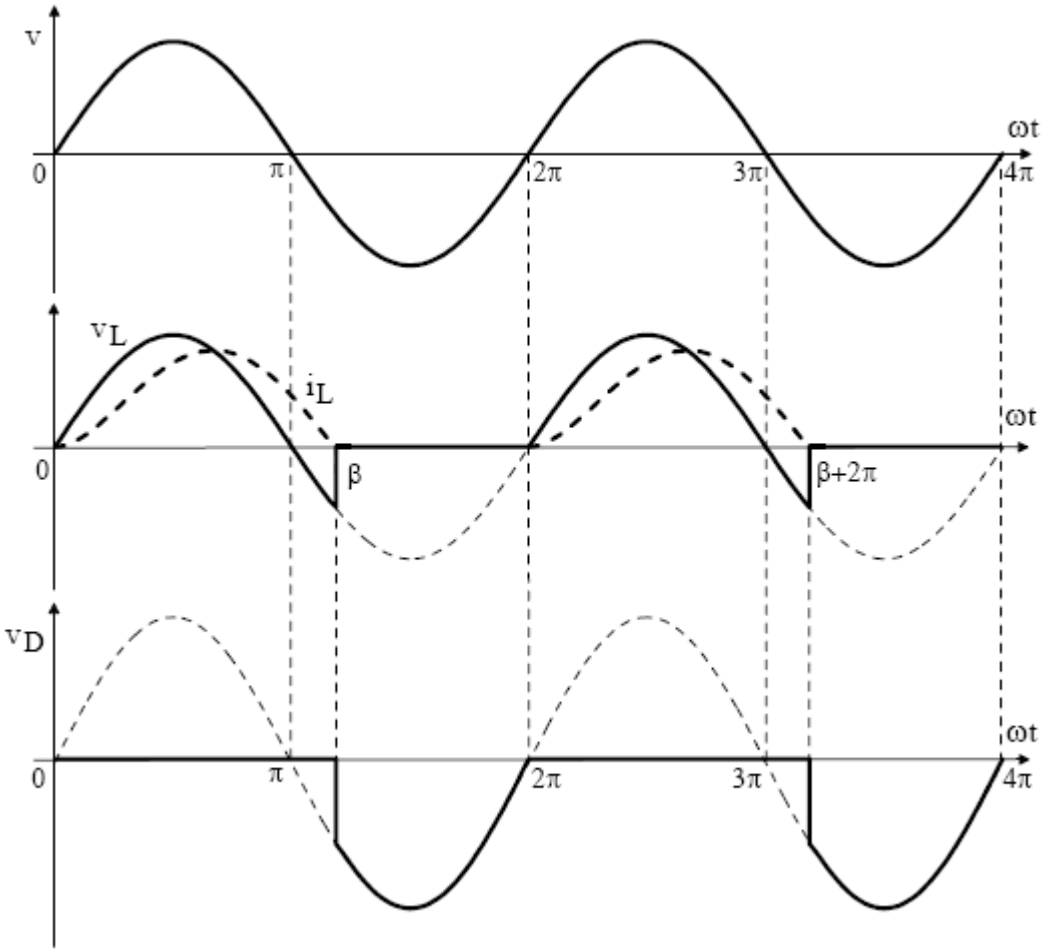




Retificador monofásico de meia onda

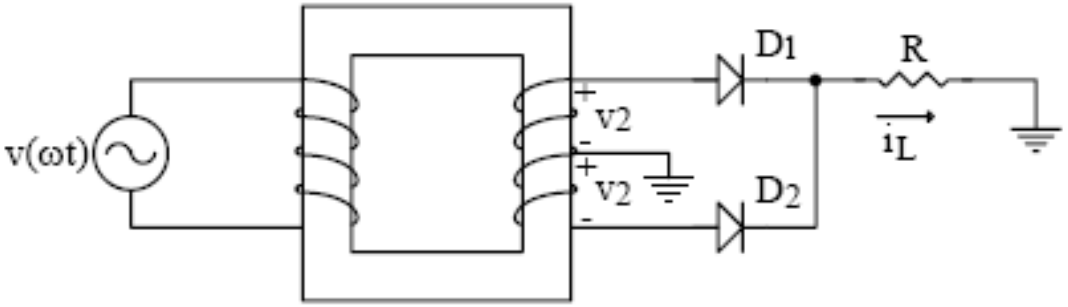
Carga RL:



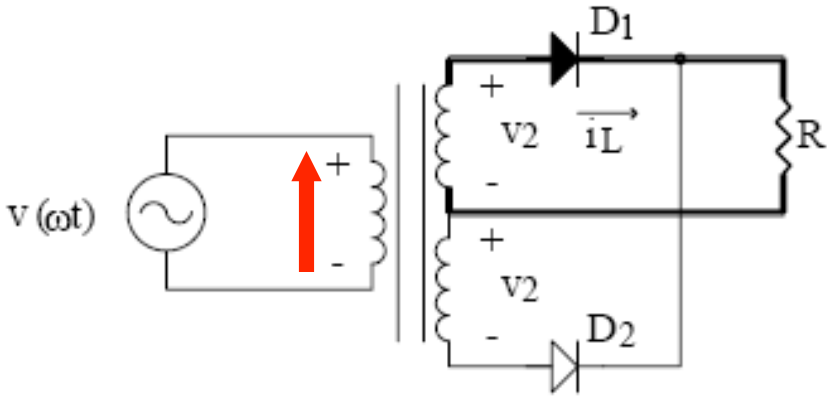


Retificador 1Φ de onda completa com ponto médio

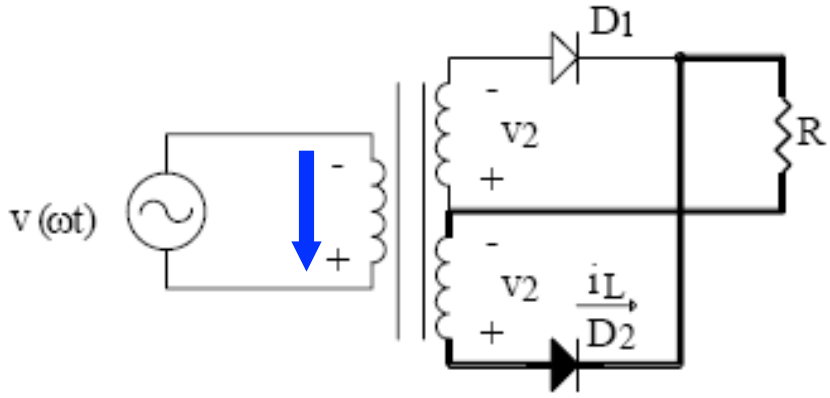
Carga resistiva pura:



Primeira etapa de funcionamento



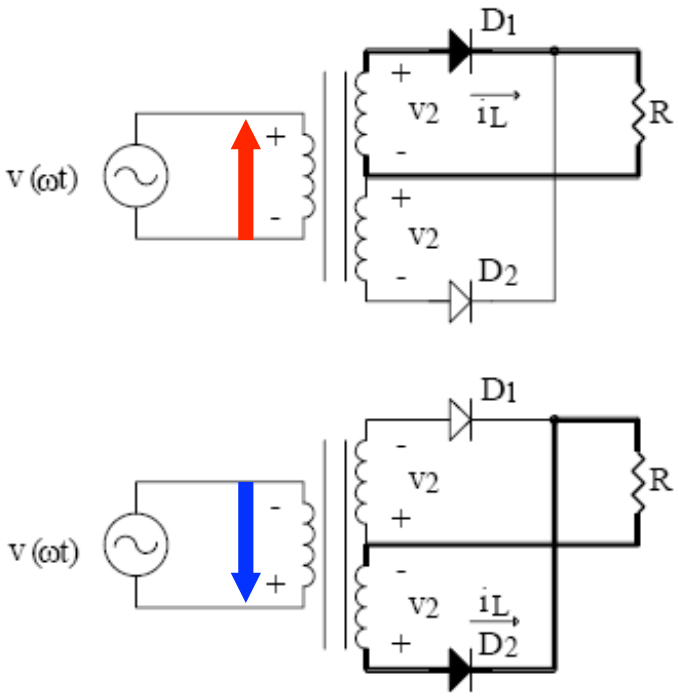
Segunda etapa de funcionamento

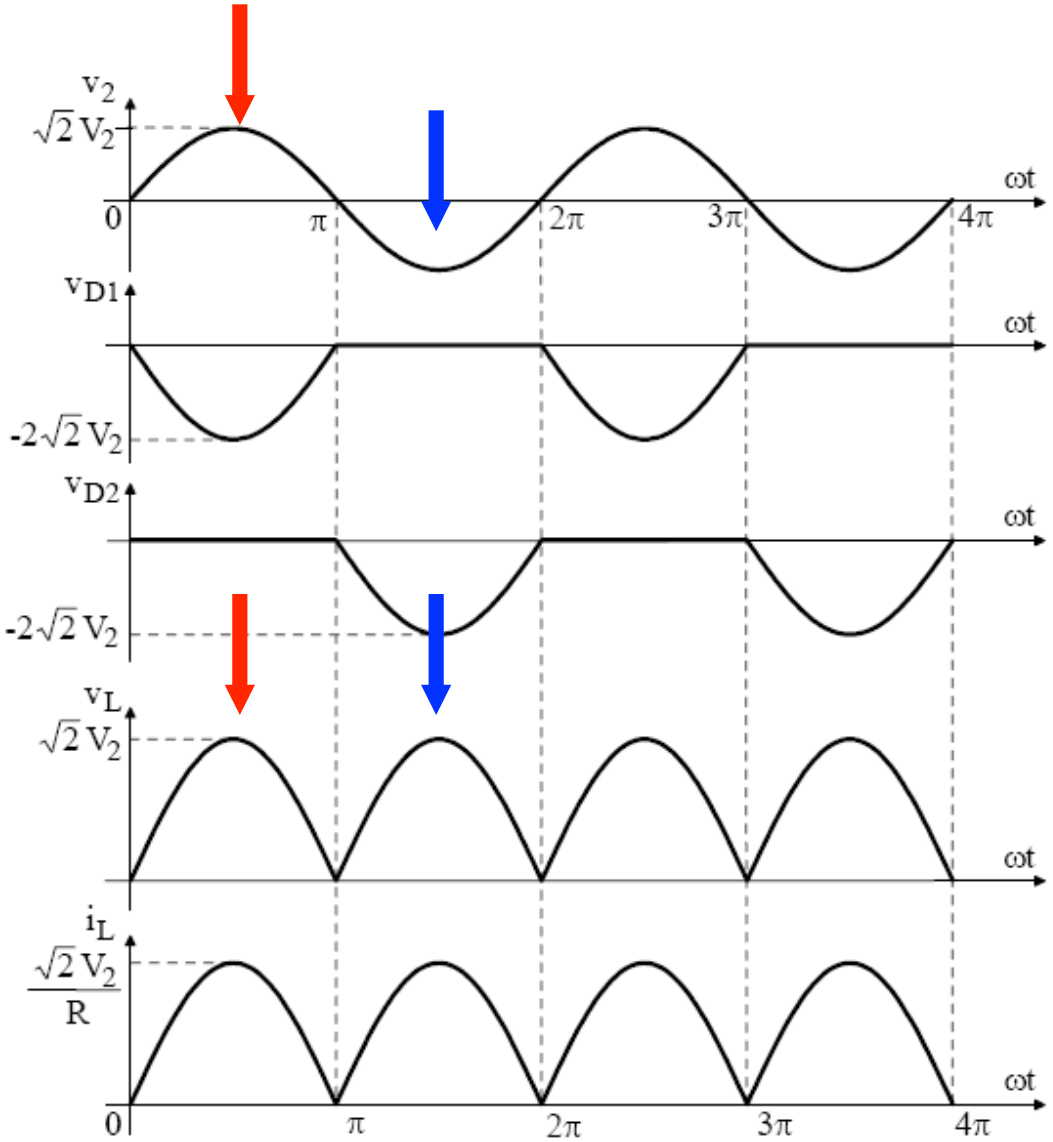


Retificador 1Φ de onda completa com ponto médio

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

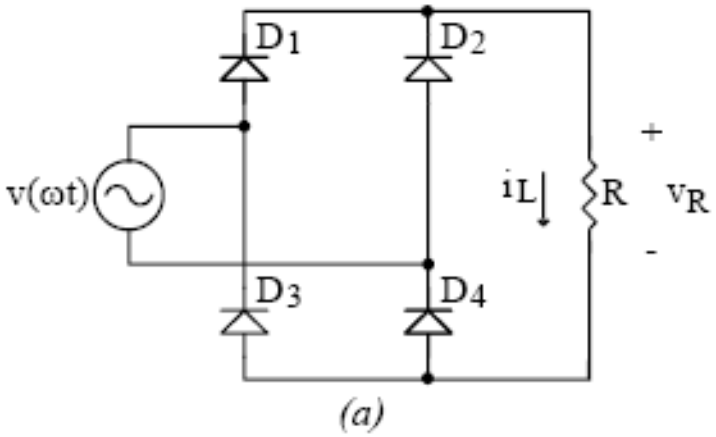
Carga resistiva pura:

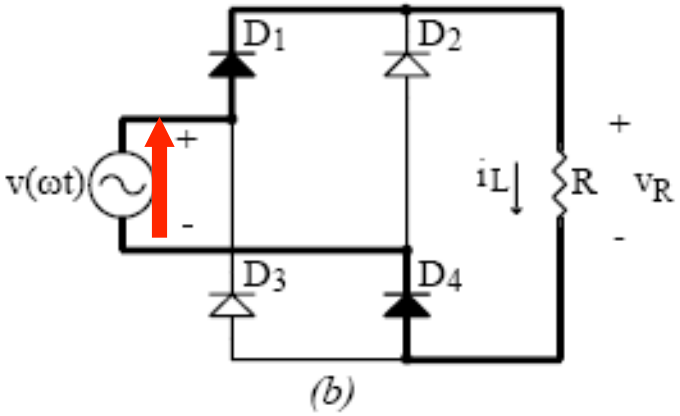




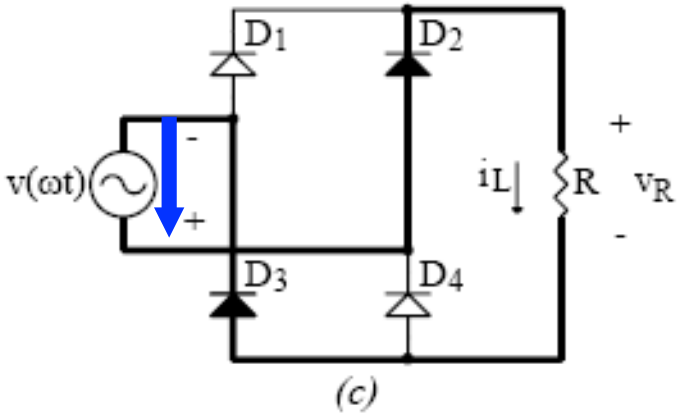
Retificador 1Φ de onda completa em ponte

Carga resistiva pura:





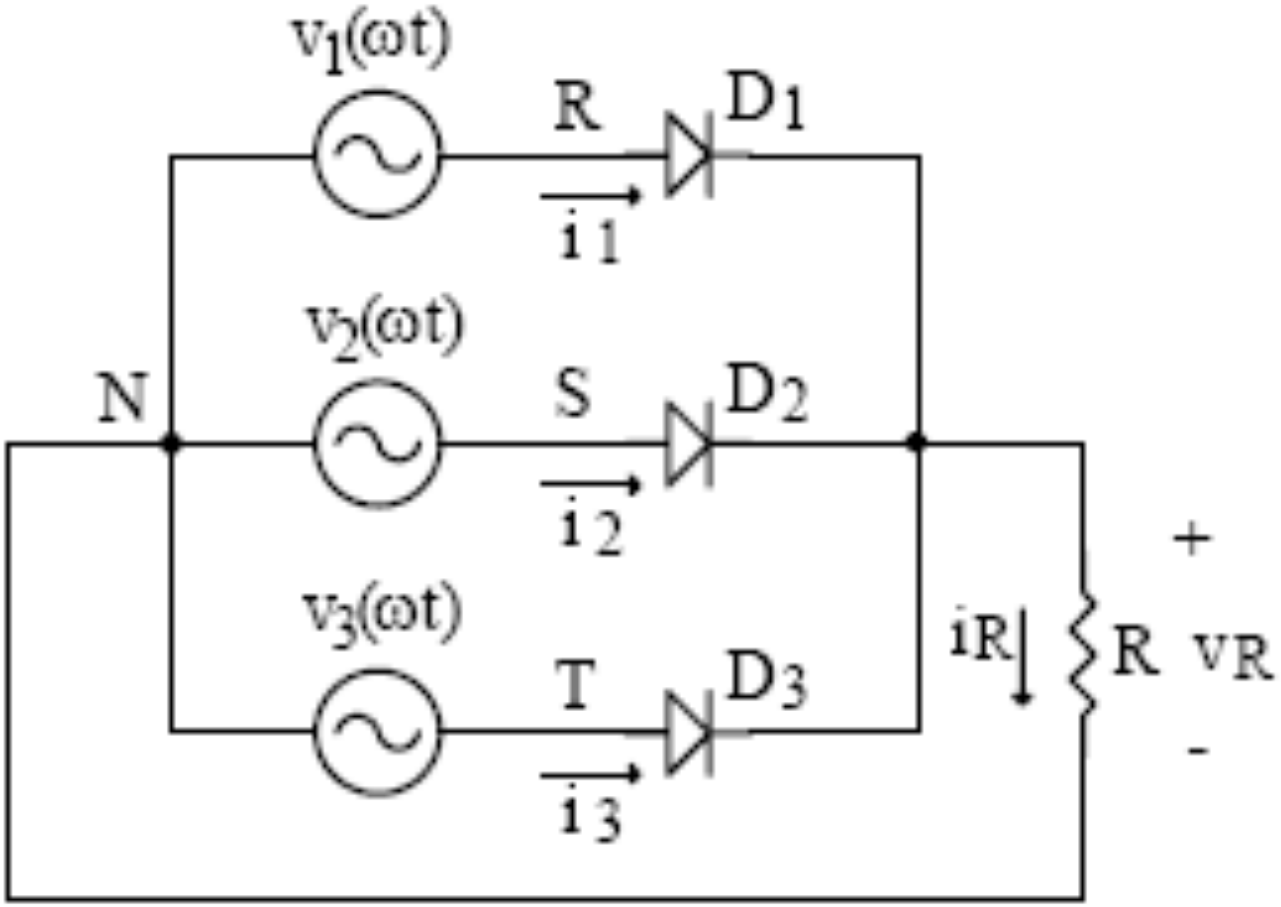
Primeira etapa



Segunda etapa

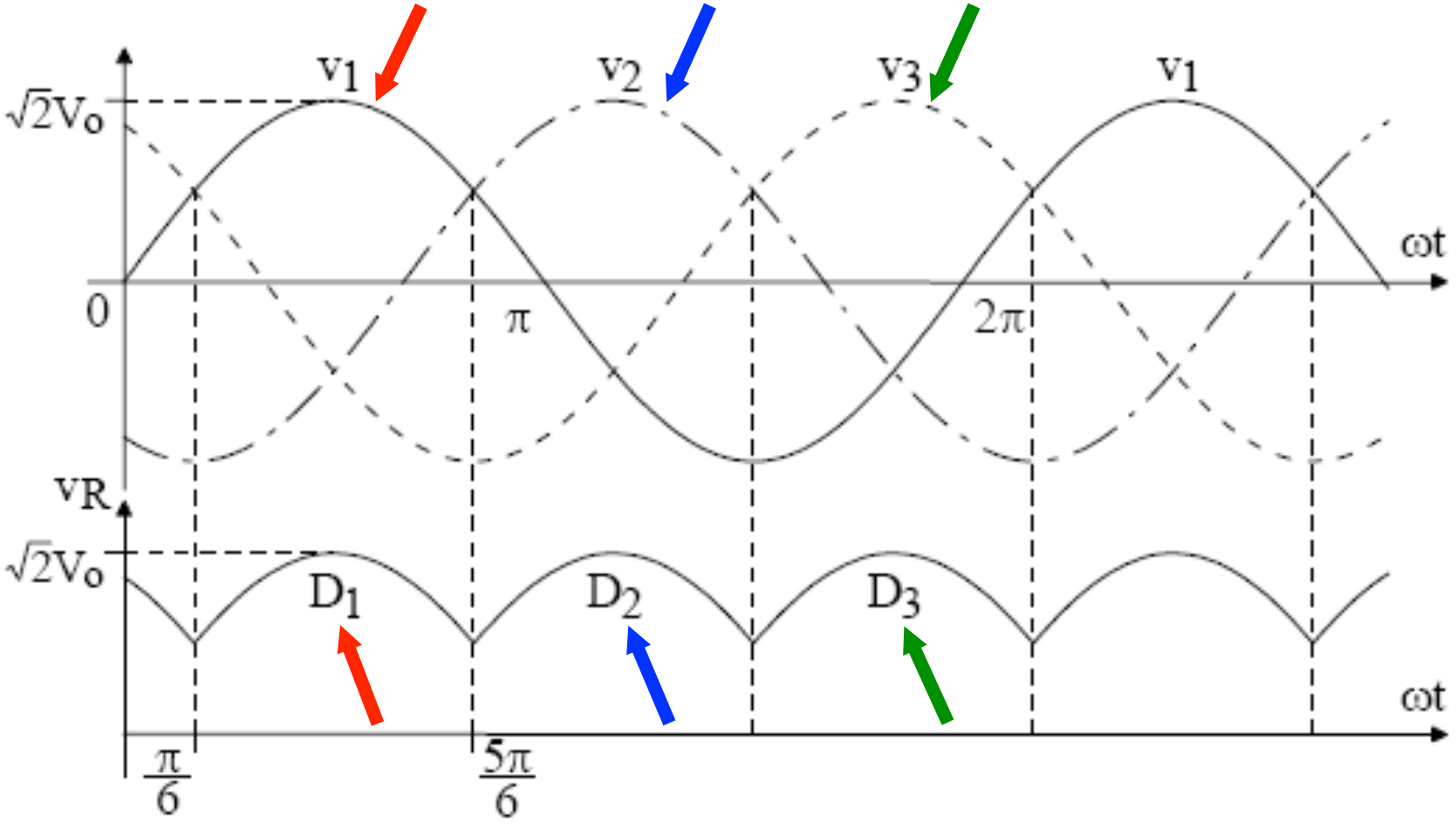
Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:



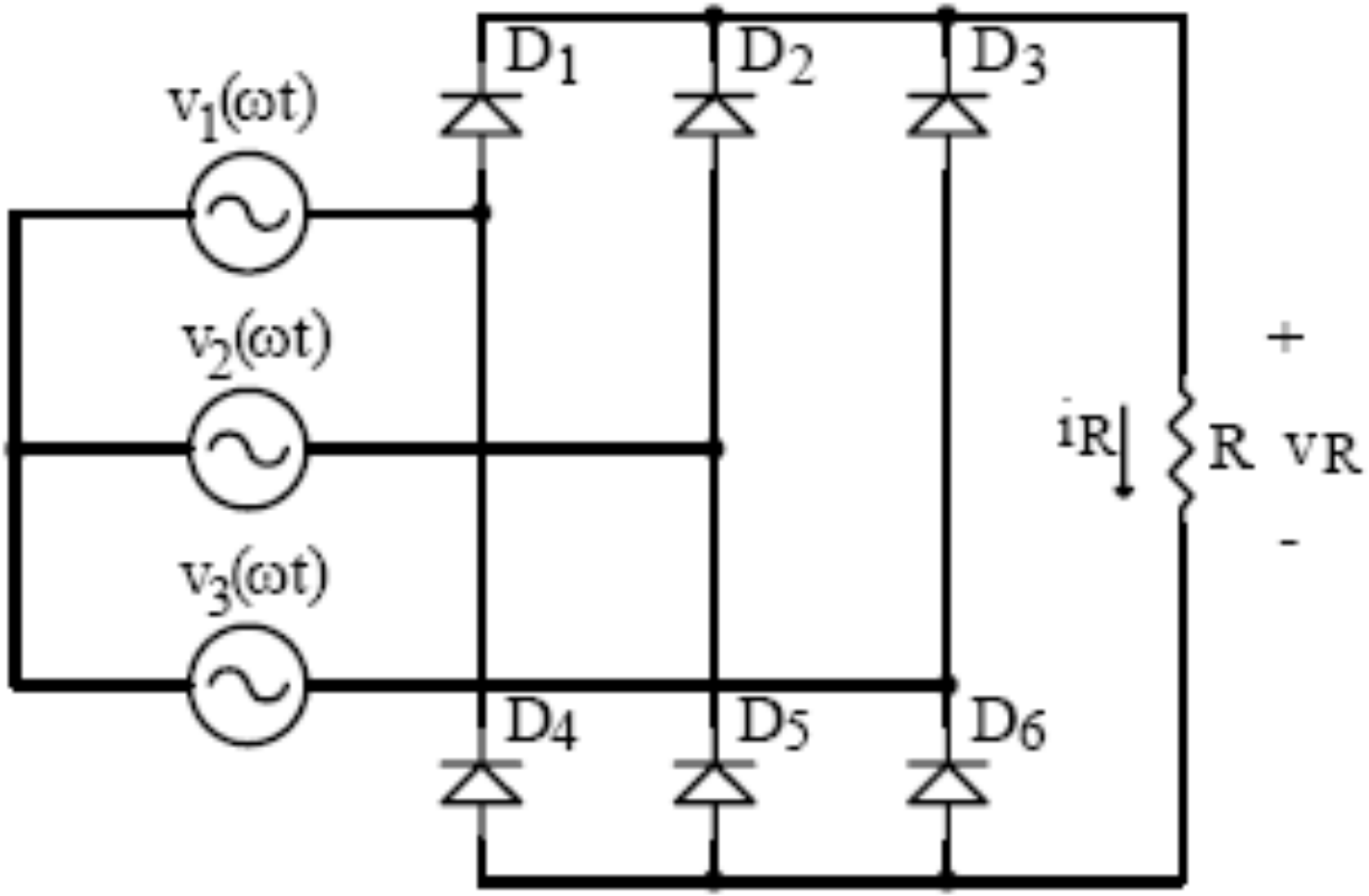
Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:

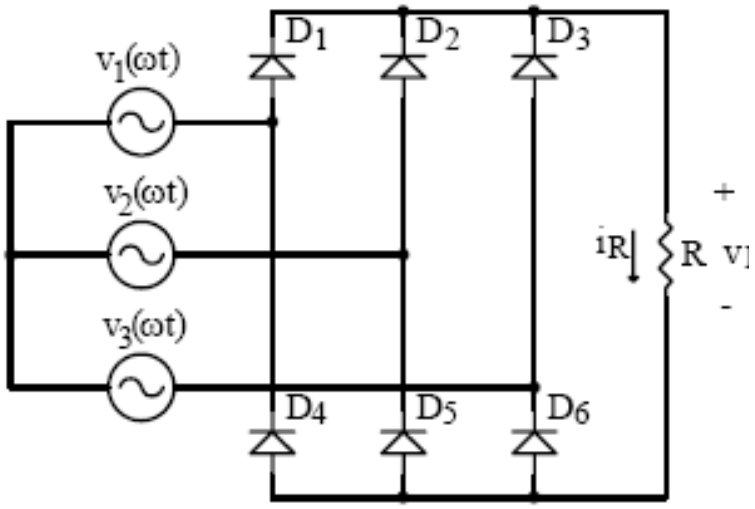


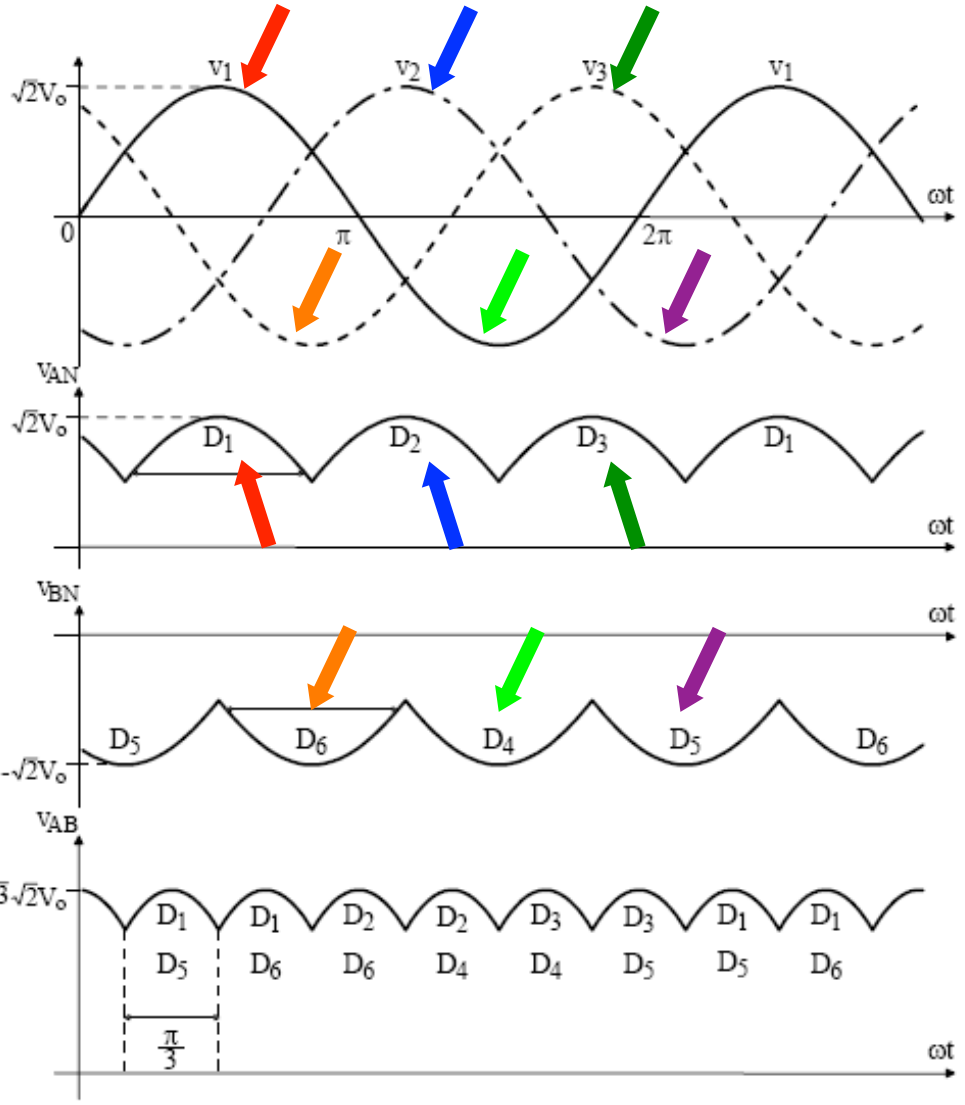
Retificador trifásico de onda completa

Ponte de Graetz



Retificador trifásico de onda completa

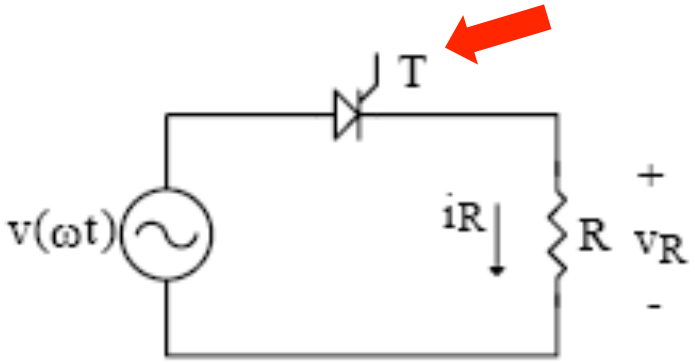


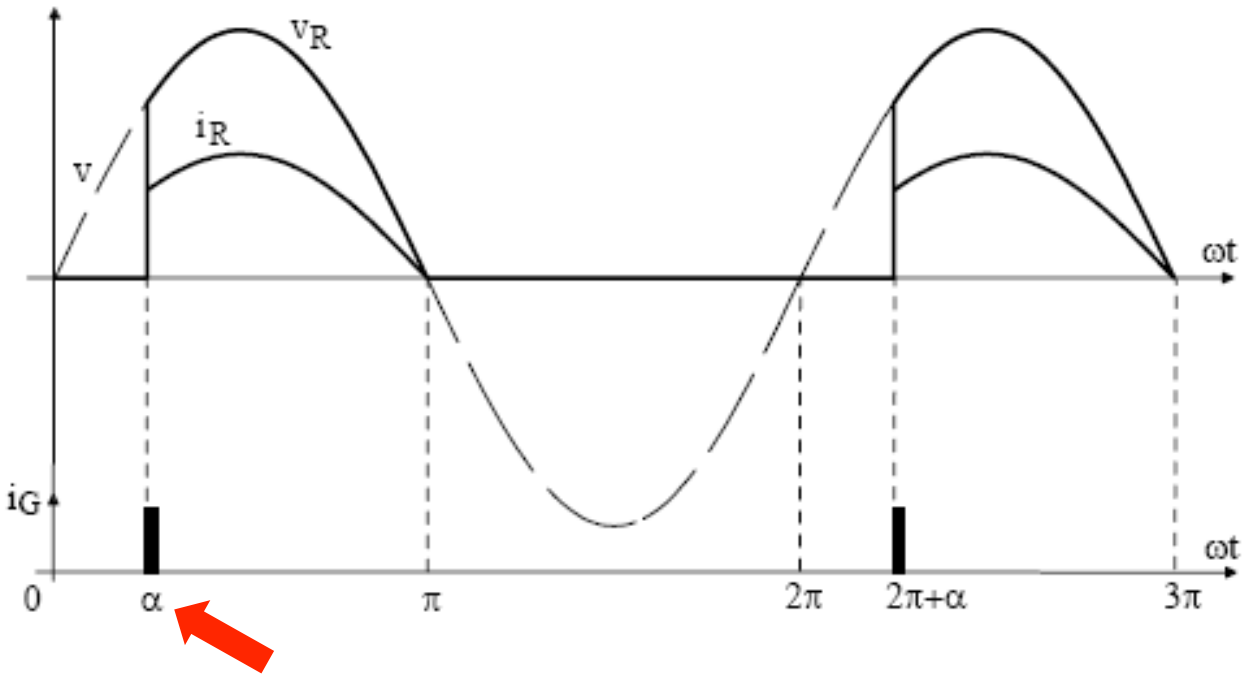


Tensão de linha

Retificador monofásico de meia onda - controlado

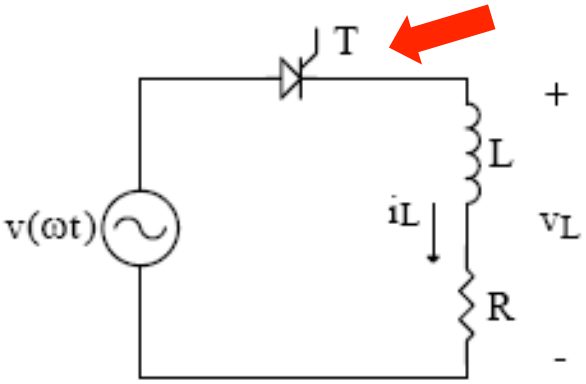
Carga resistiva pura:

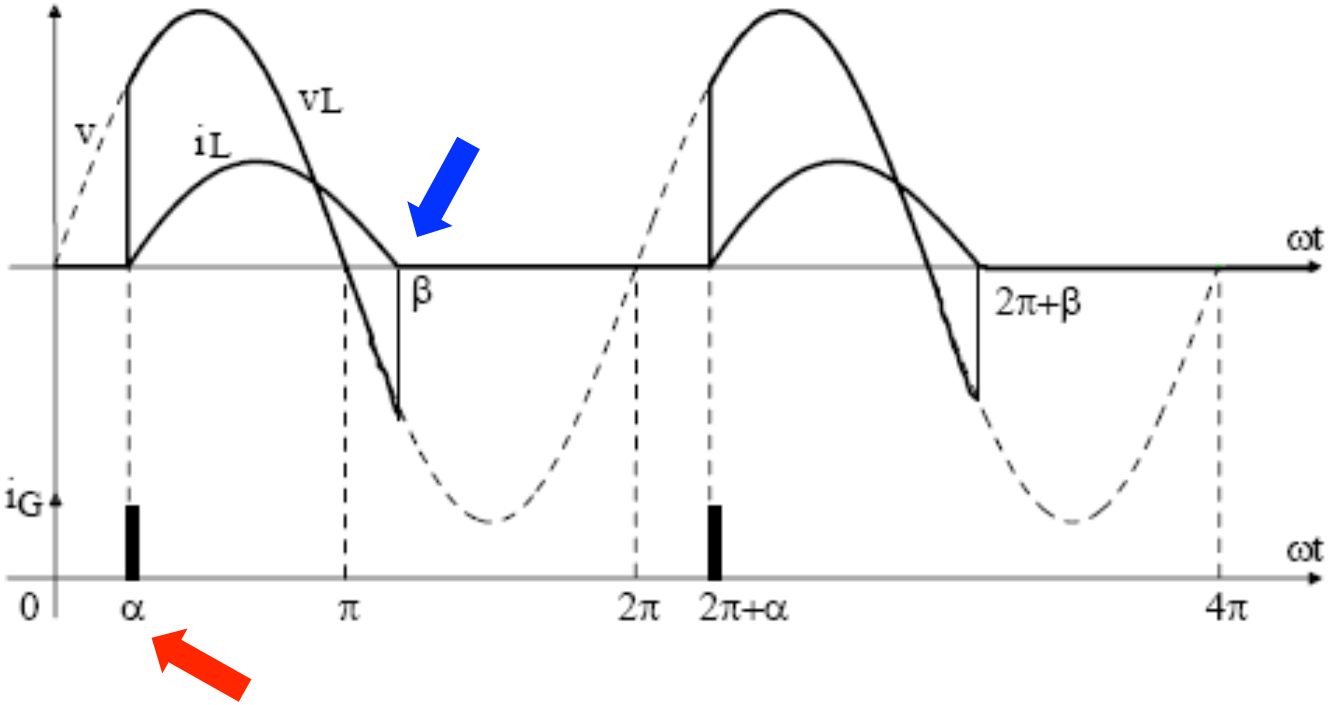




Retificador monofásico de meia onda - controlado

Carga RL

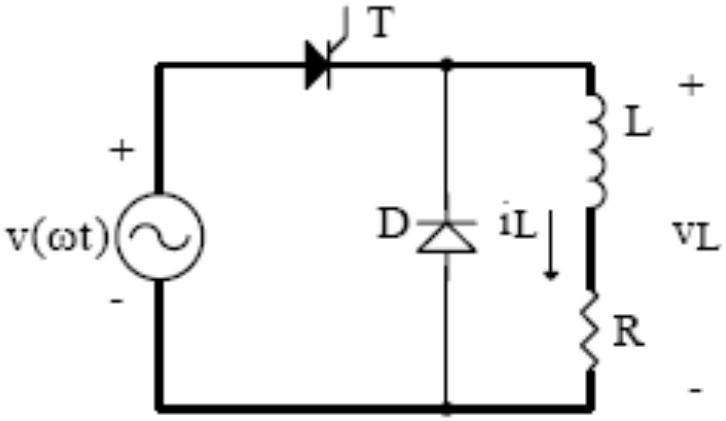


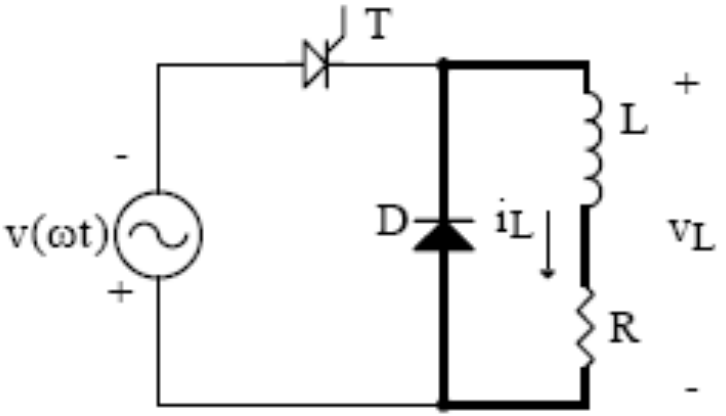


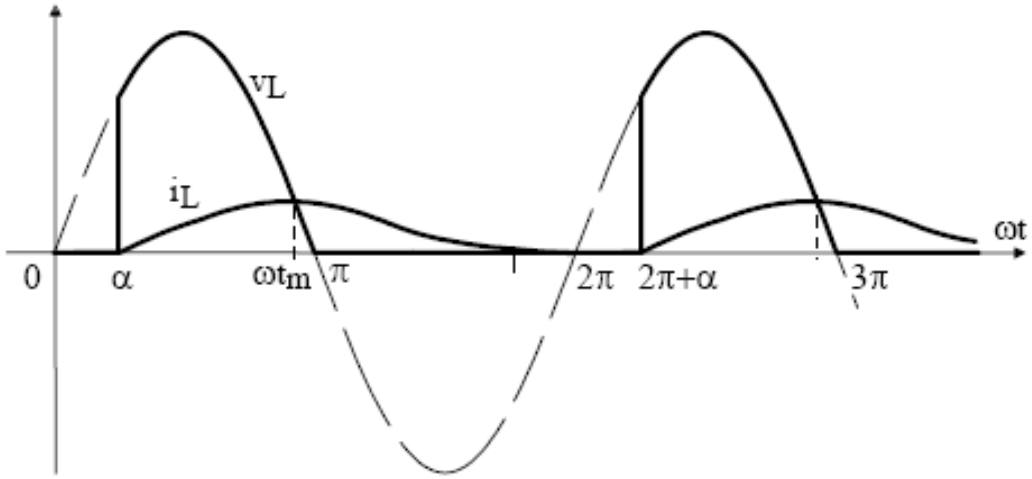
Retificador monofásico de meia onda - controlado

Carga RL com diodo de roda-livre:

Etapas de funcionamento

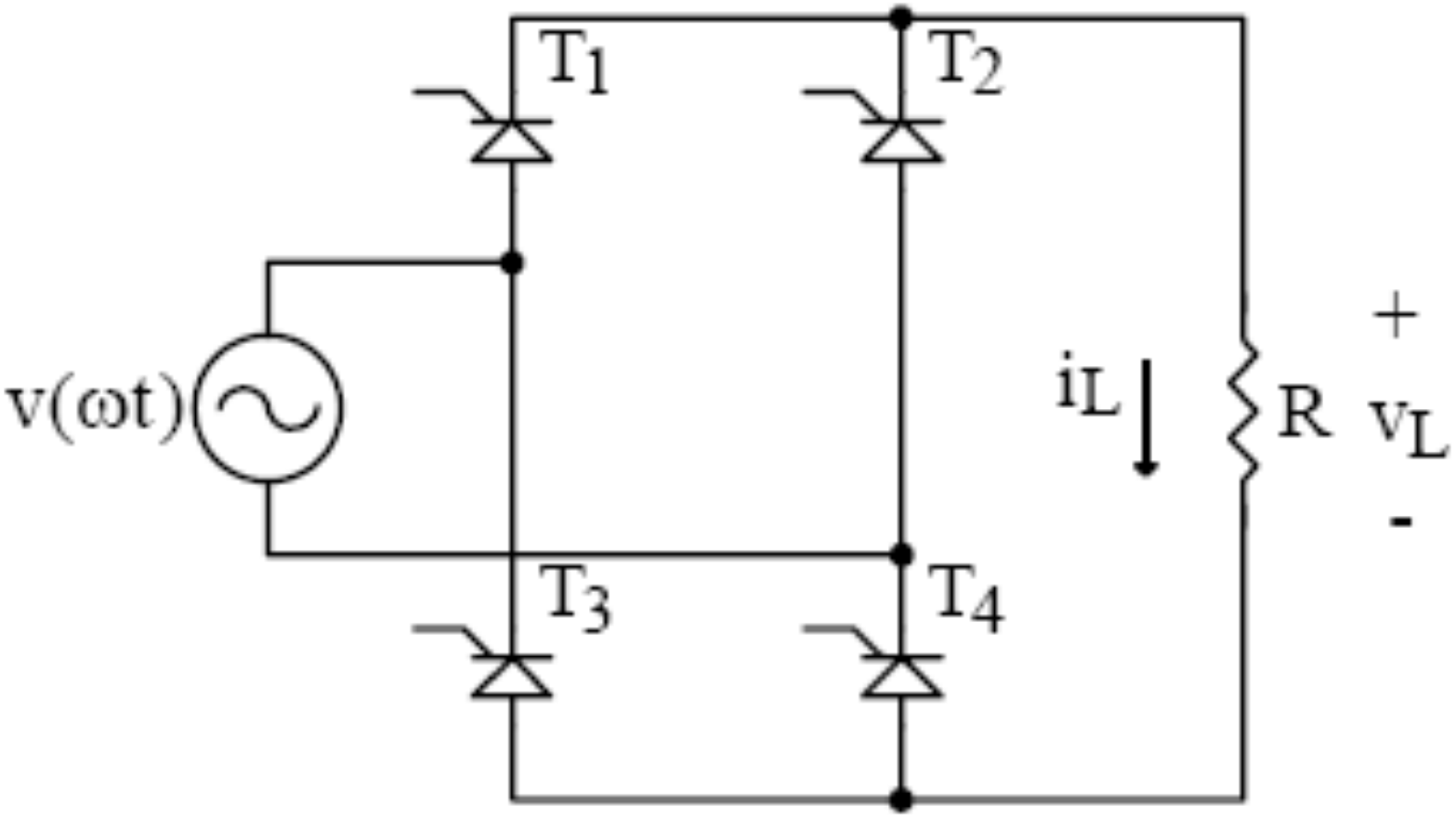






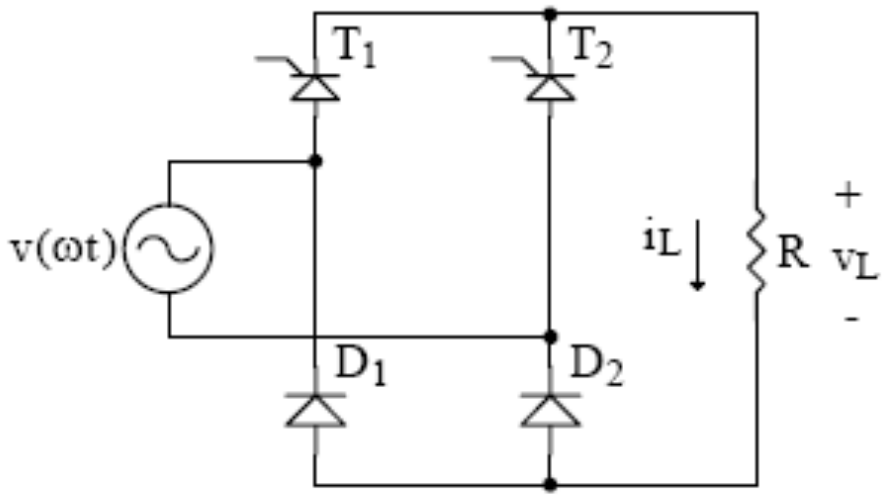
Retificador monofásico de onda completa - controlado

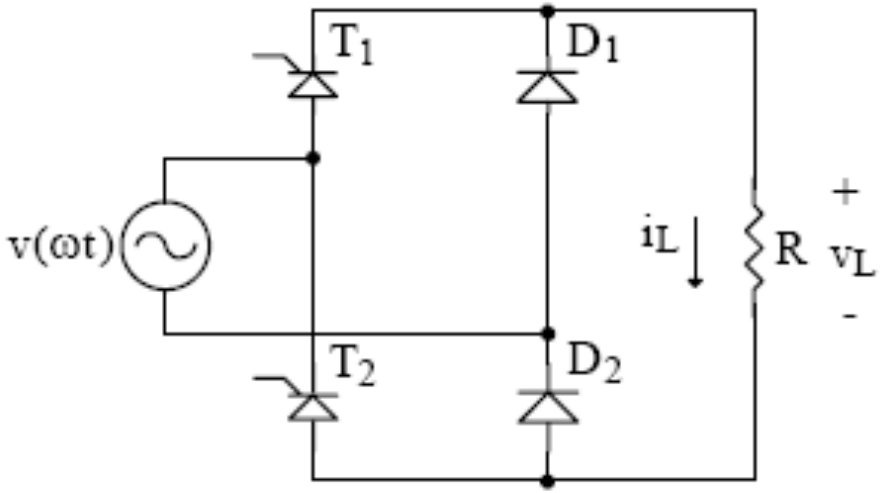
Ponte completa:



Retificador monofásico de onda completa - controlado

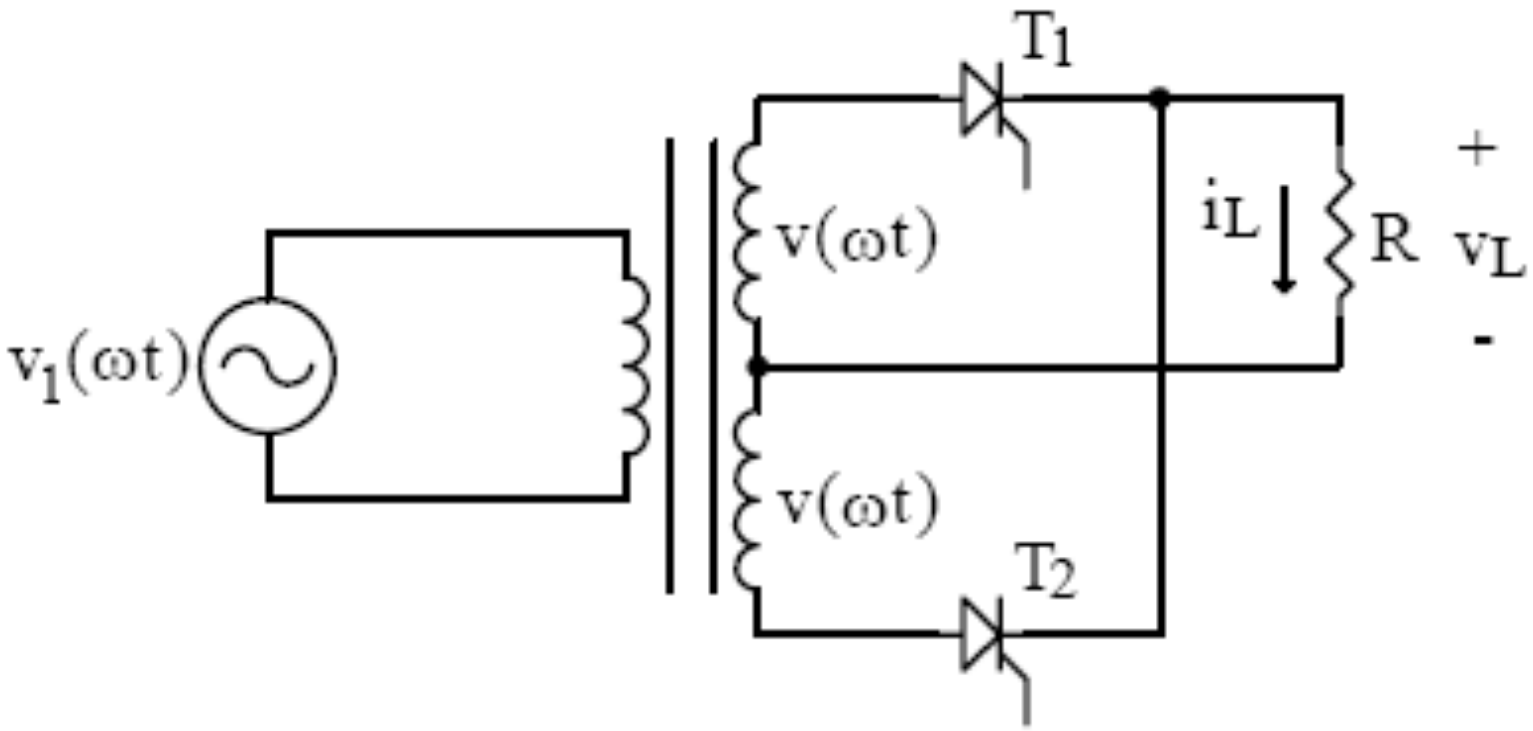
Ponte mista:



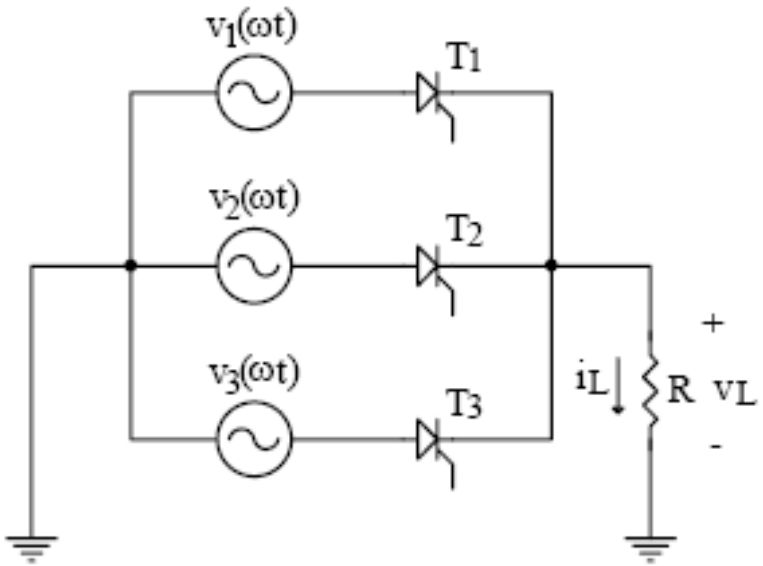


Retificador monofásico de onda completa - controlado

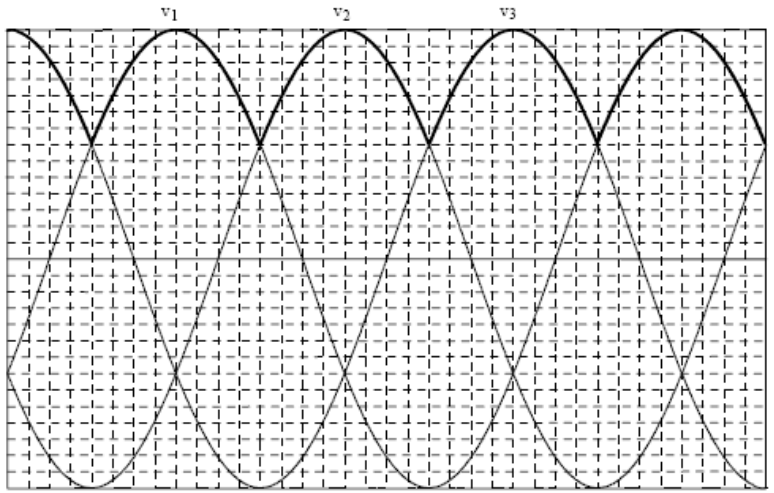
Ponto médio:



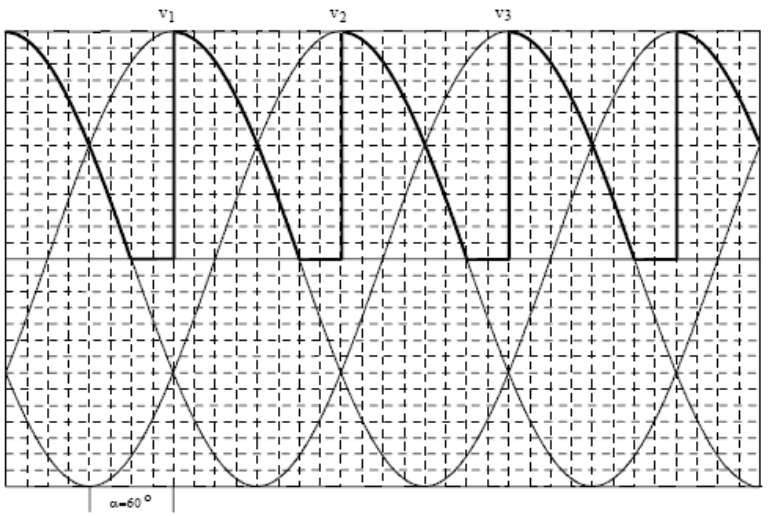
Retificador trifásico de ponto médio - controlado



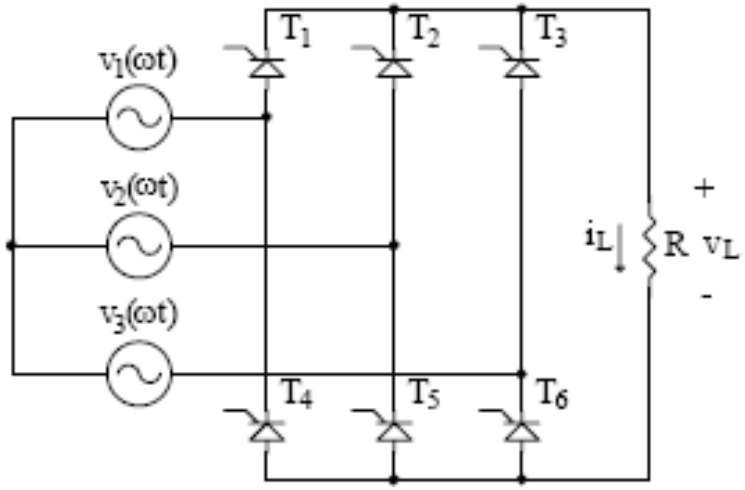
$\alpha = 0^o$

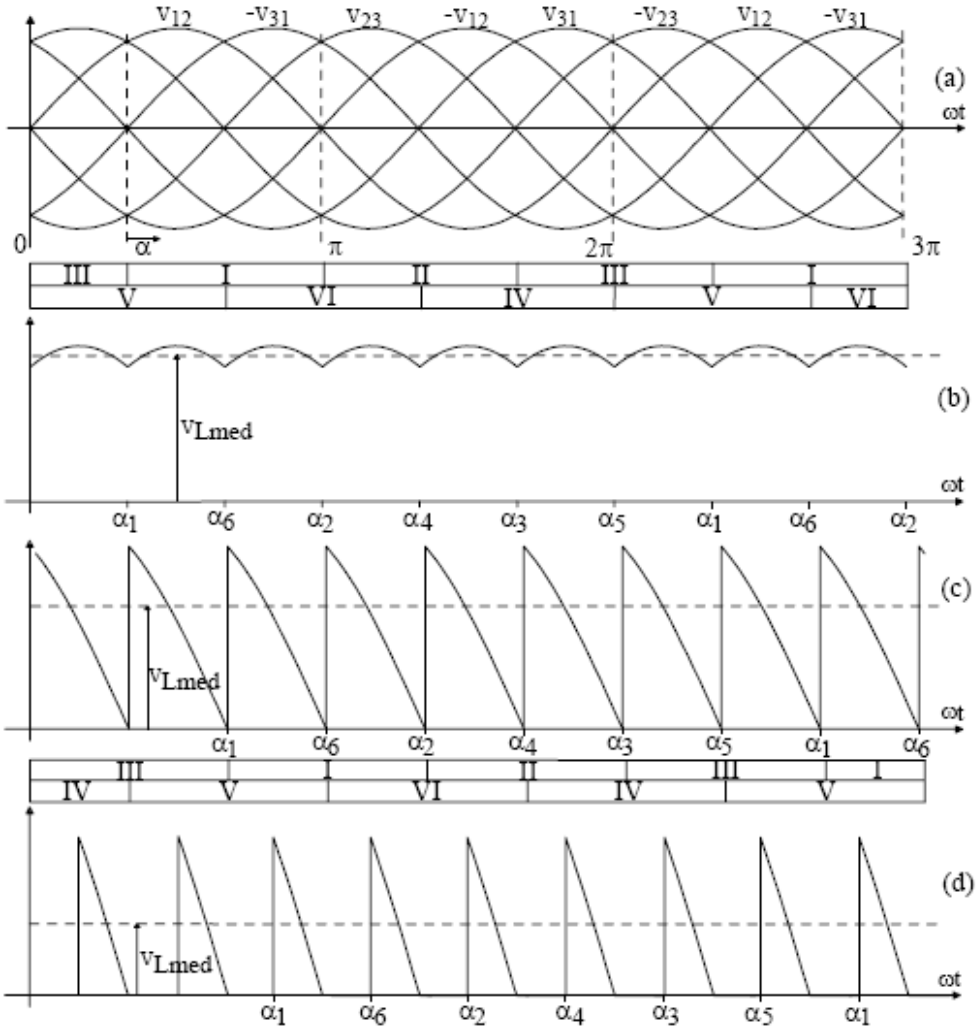


$\alpha = 60^o$



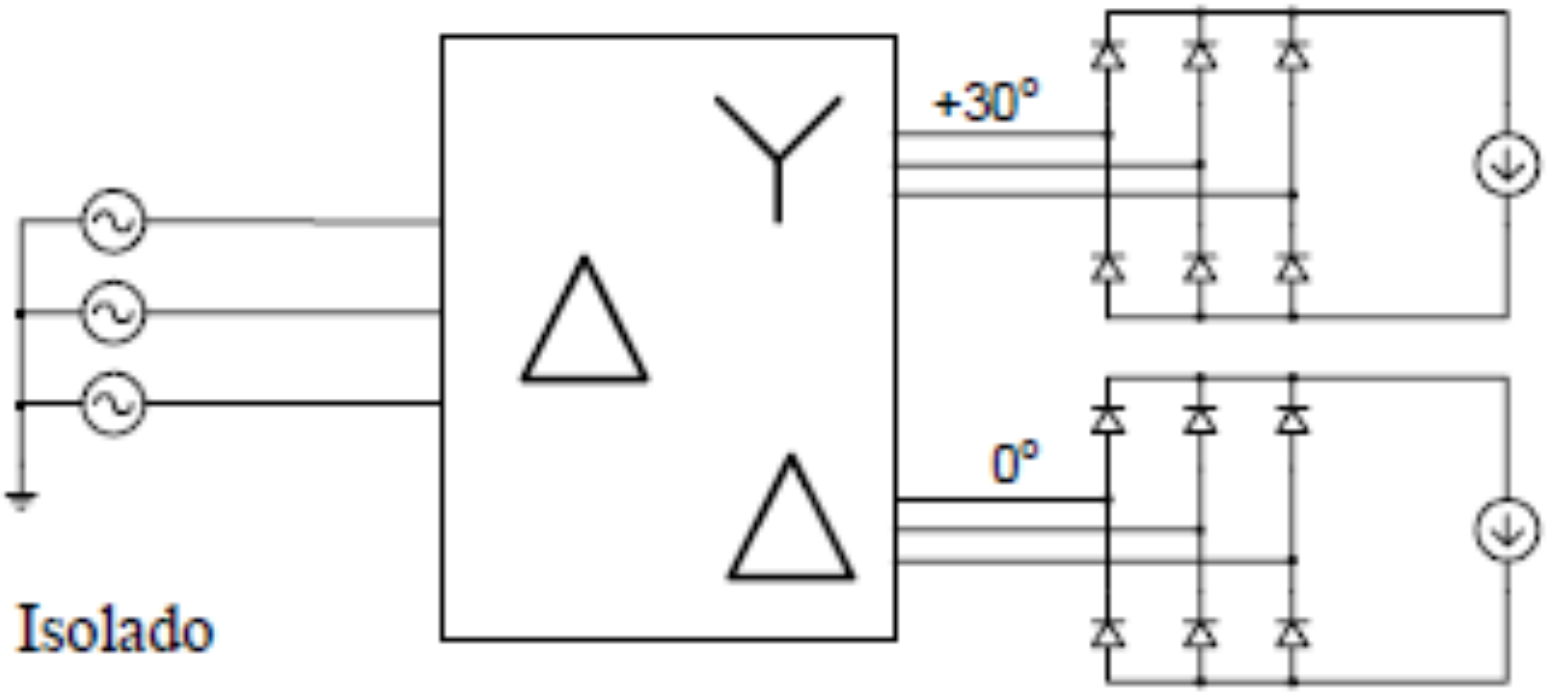
Retificador trifásico de ponto médio - controlado





Retificadores de múltiplos pulsos

Retificador de 12 pulsos

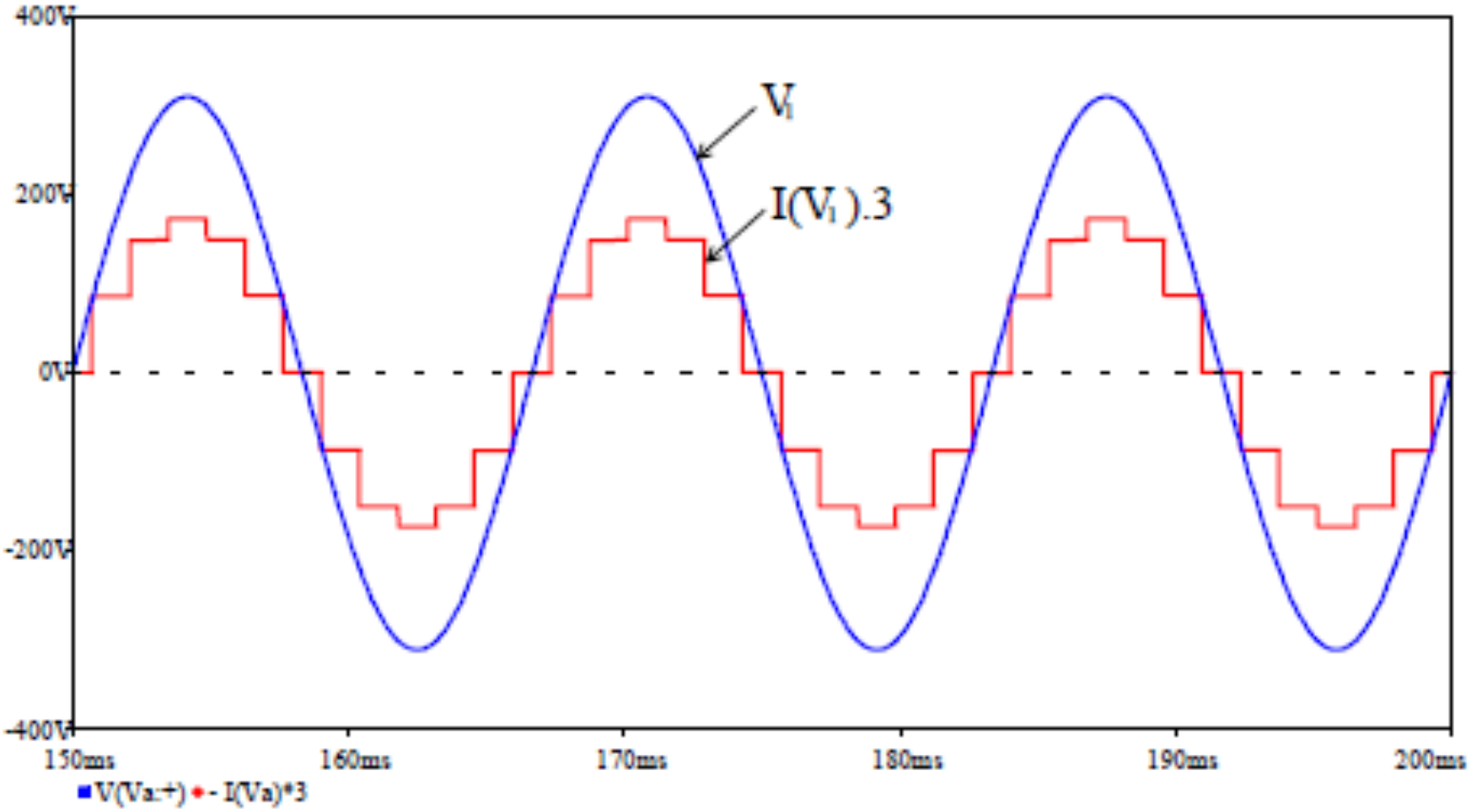


Fonte: http://www.inep.ufsc.br/Teses/Falcondes_Tese_Dr.pdf

Retificadores de múltiplos pulsos

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

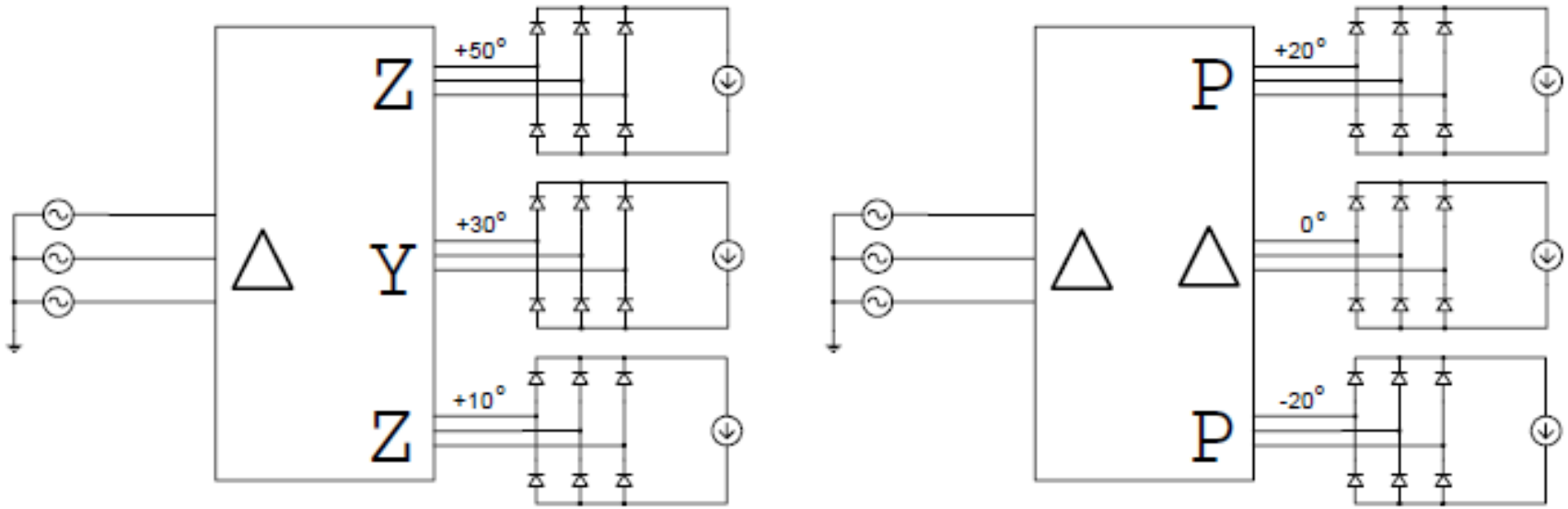
Retificador de 12 pulsos



Retificadores de múltiplos pulsos

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

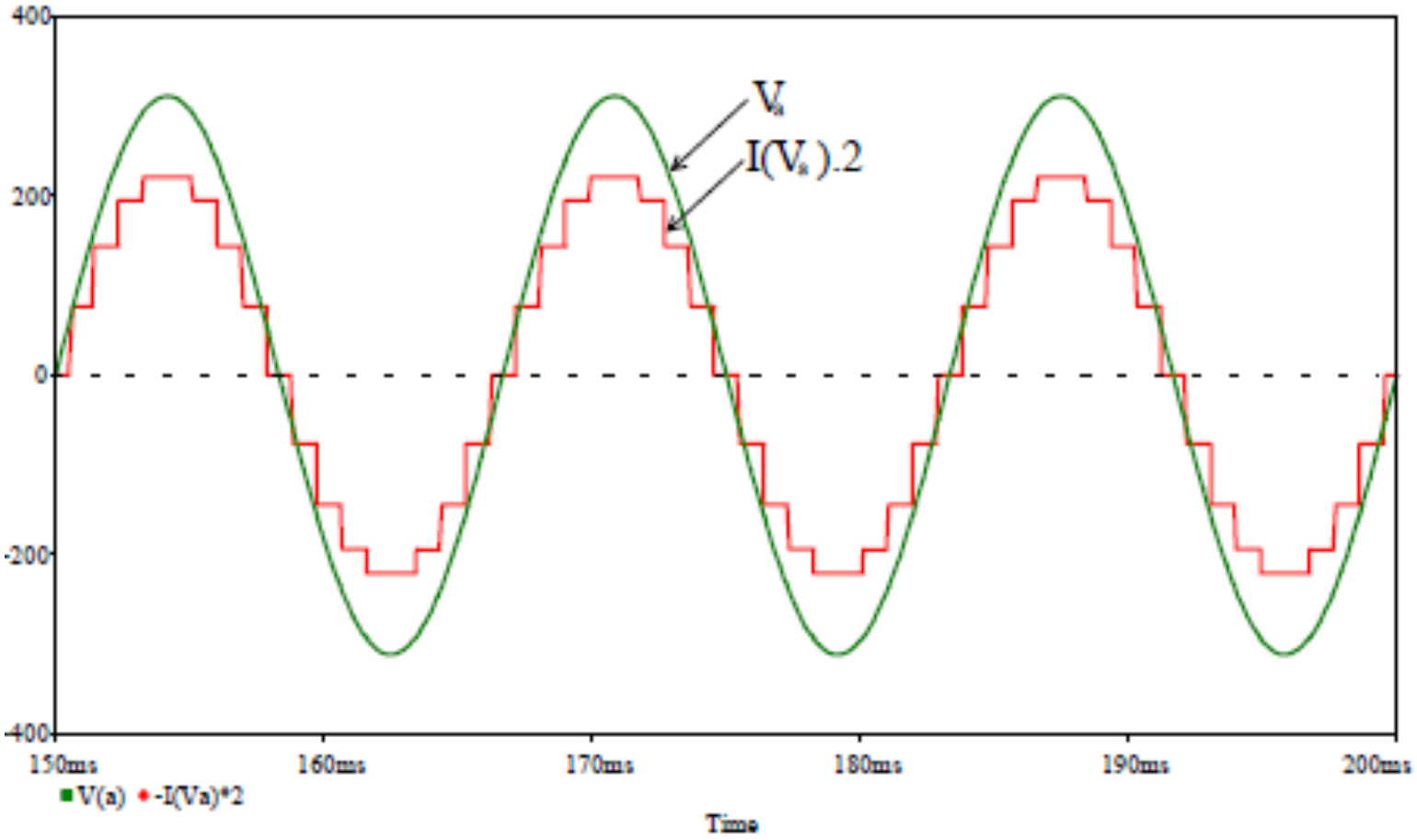
Retificador de 18 pulsos



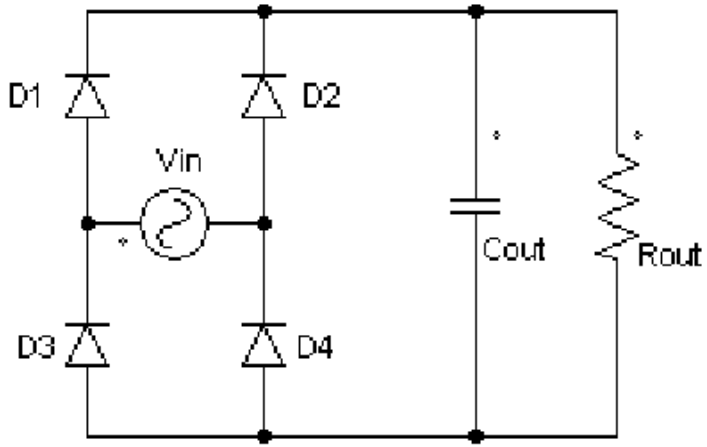
Retificadores de múltiplos pulsos

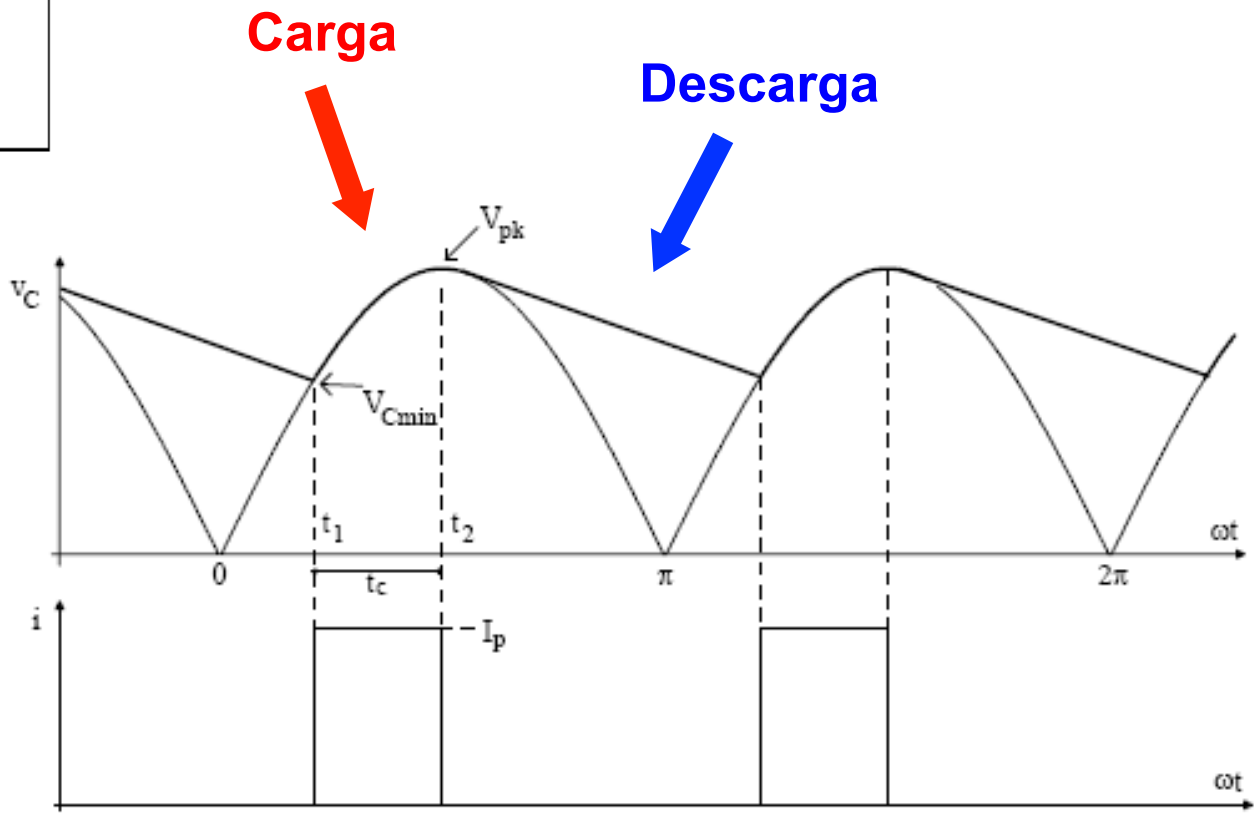
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Retificador de 18 pulsos

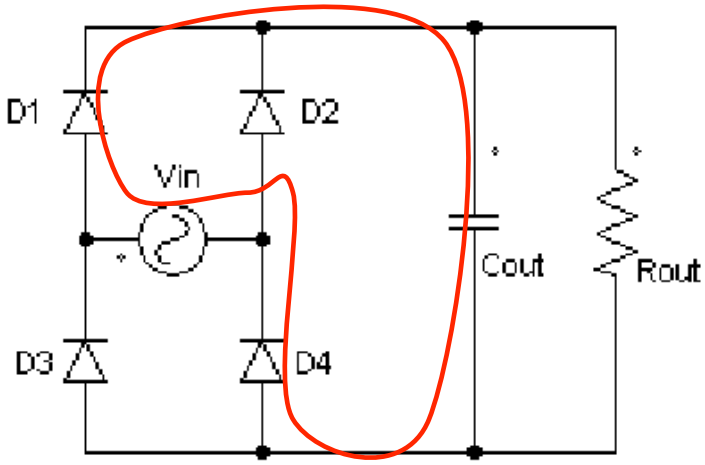


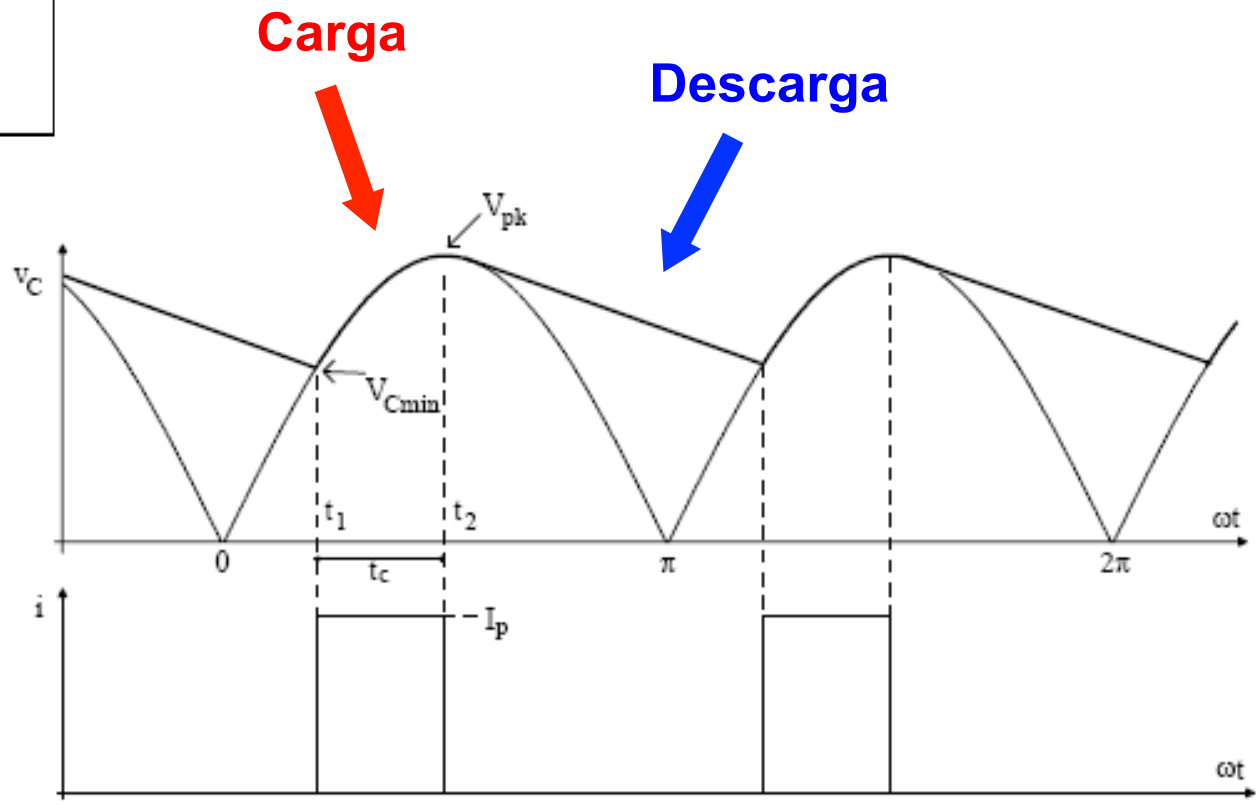
Retificador monofásico de onda completa c/ filtro



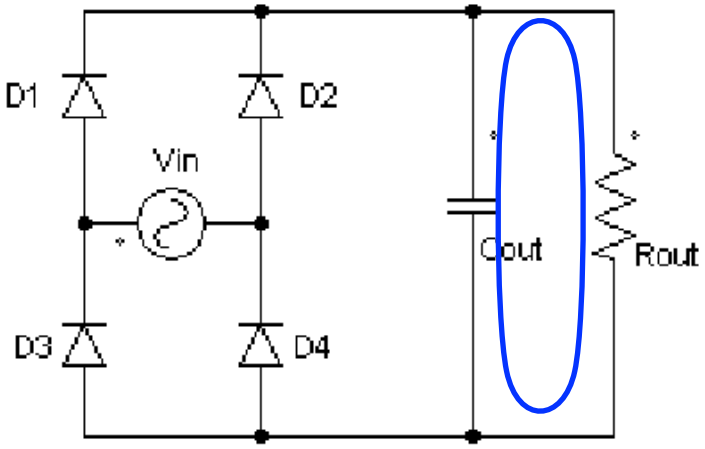


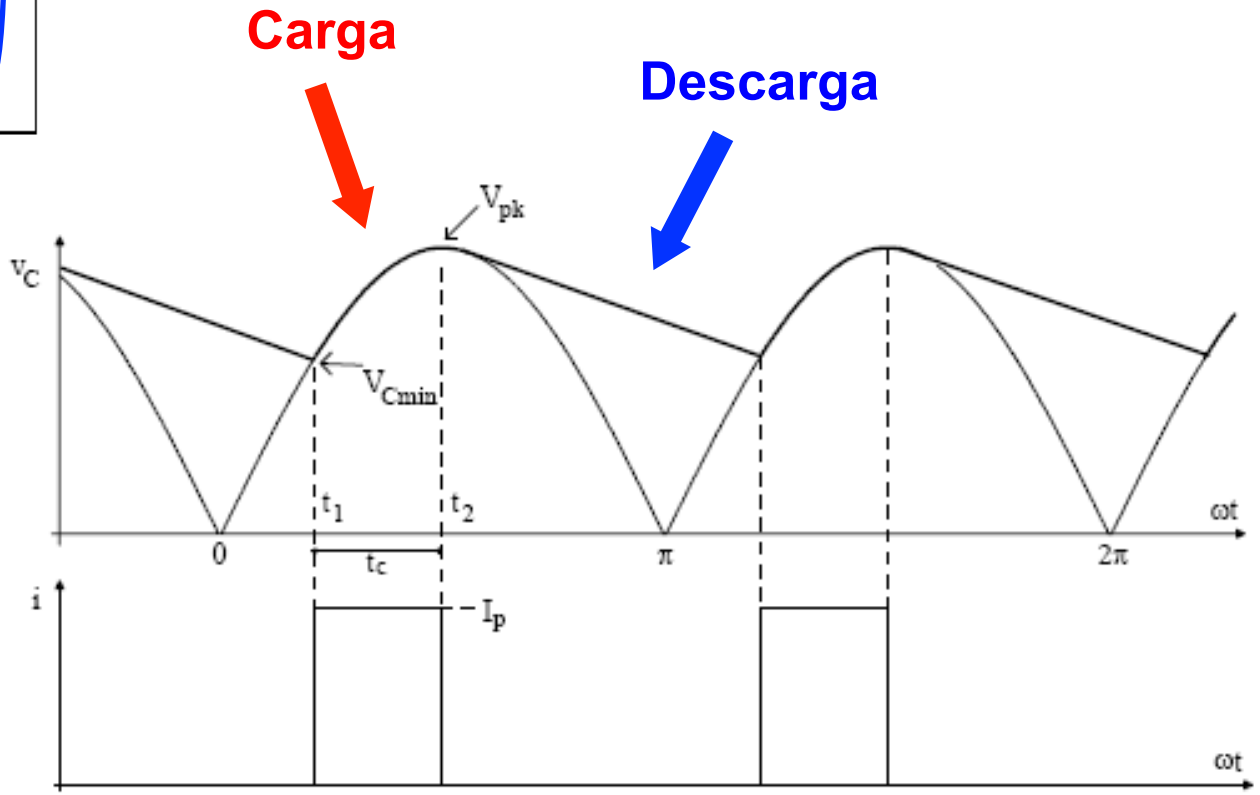
Retificador monofásico de onda completa c/ filtro





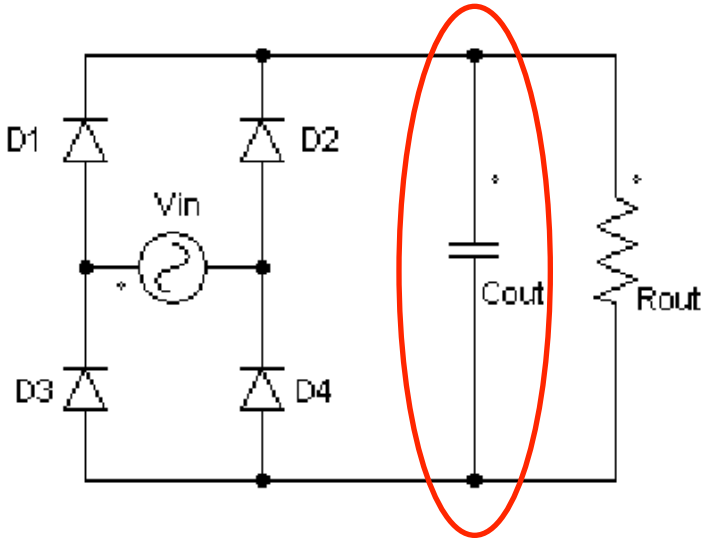
Retificador monofásico de onda completa c/ filtro





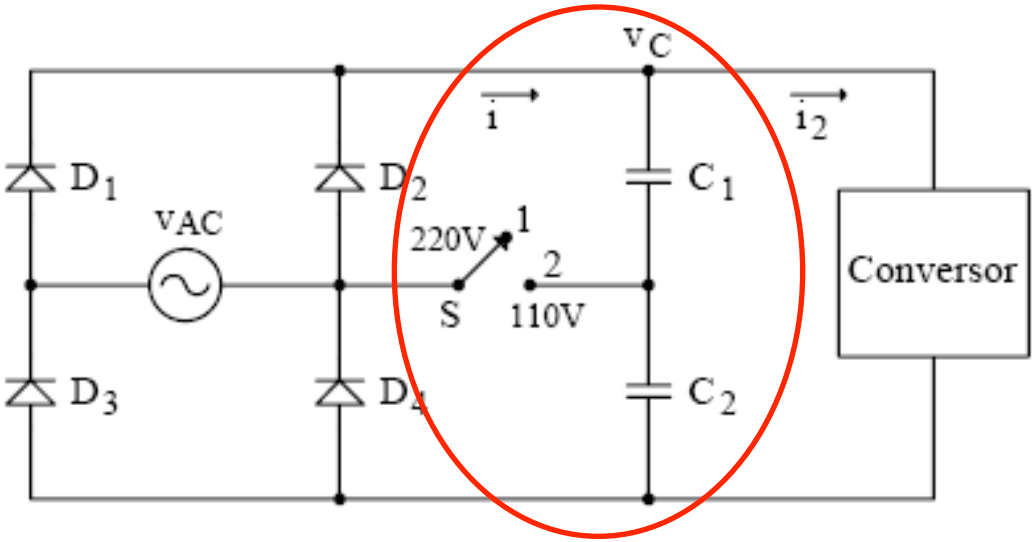
Retificador monofásico de onda completa c/ filtro

1 tensão de entrada

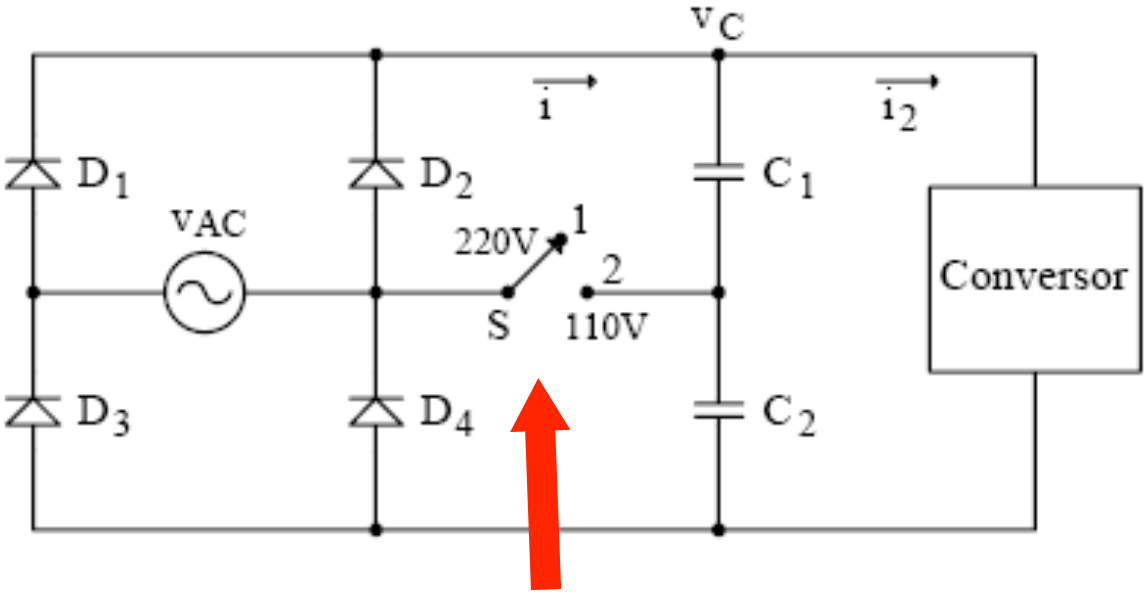


$$C_{out} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

2 tensões de entrada - bivolt

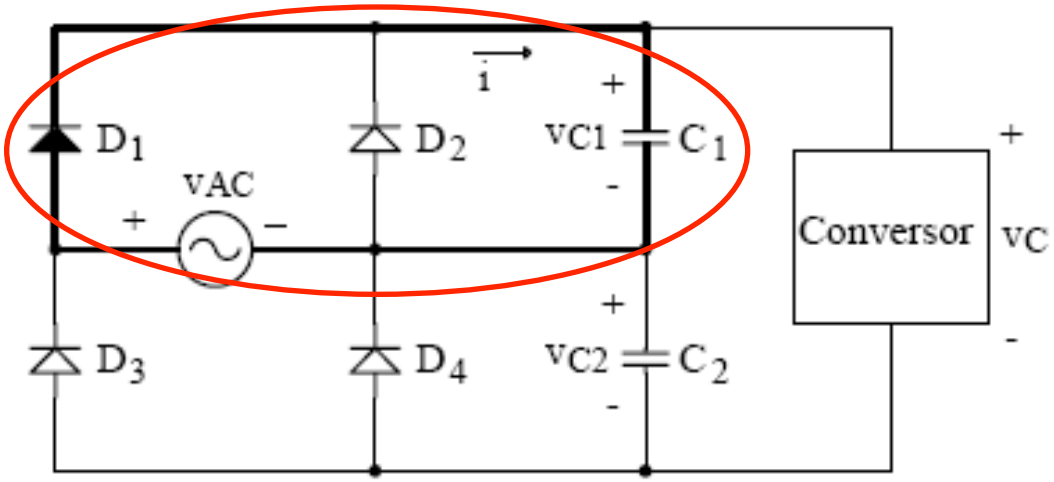


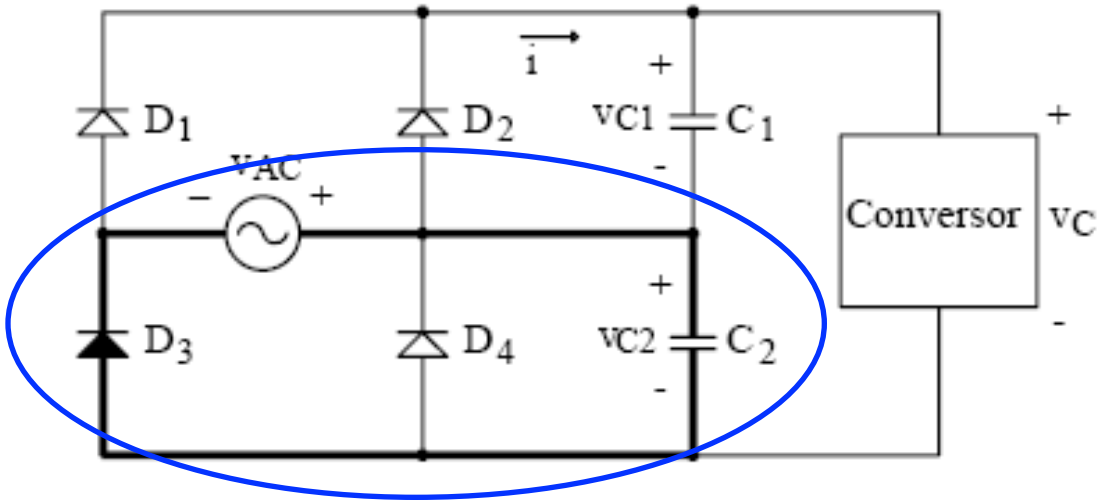
Dobrador de tensão



Chave fechada

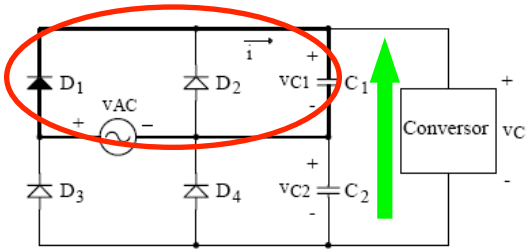
Dobrador de tensão

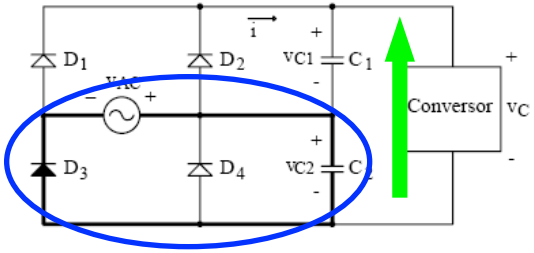


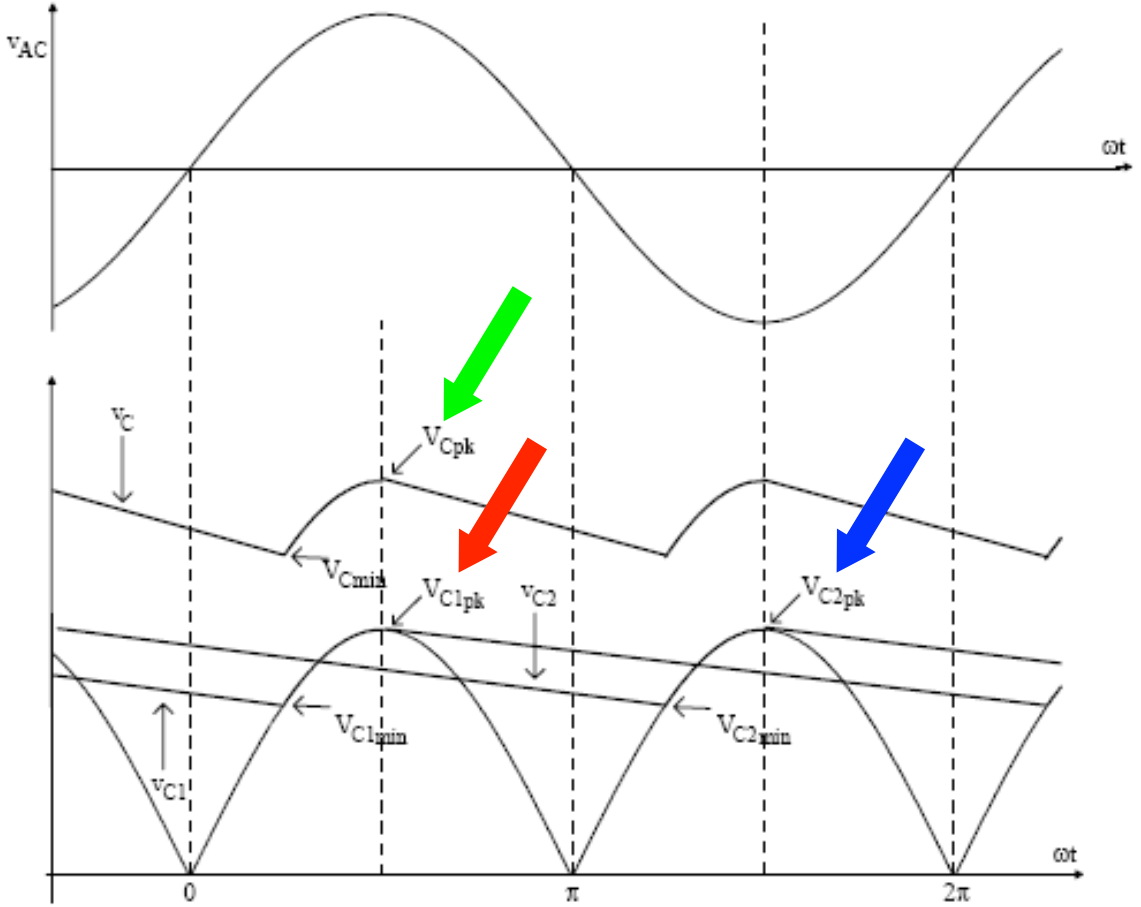


Dobrador de tensão

Descrição do funcionamento:







Ajustes na metodologia de projeto

A partir dos resultados de simulação pode-se concluir que:

I_p = corrente de pico é praticamente o dobro da calculada;

$V_{c\min}$ = correta;

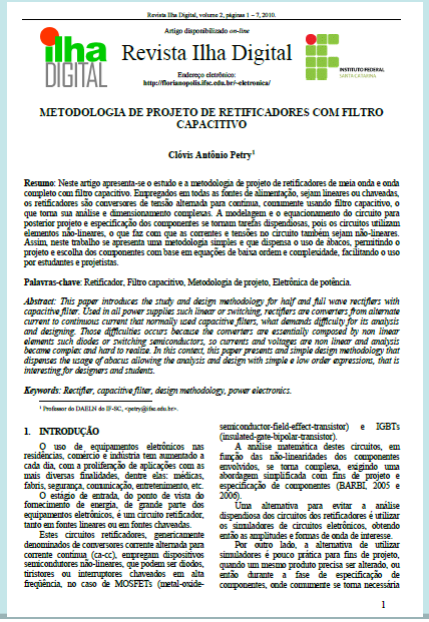
V_{pk} = correta;

t_c = correto;

I_{med} = correto.

Tarefa:

Ler artigo da Revista Ilha Digital.



Revista Ilha Digital, volume 2, páginas 1 – 7, 2010.

Artigo disponibilizado on-line

Revista Ilha Digital

Endereço eletrônico: http://florianopolis.ifsc.edu.br/~eletronica/

METODOLOGIA DE PROJETO DE RETIFICADORES COM FILTRO CAPACITIVO

Clóvis Antônio Petry[1]

Resumo: Neste artigo apresenta-se o estudo e a metodologia de projeto de retificadores de meia onda e onda completo com filtro capacitivo. Empregados em todas as fontes de alimentação, sejam lineares ou chaveadas, os retificadores são conversores de tensão alternada para contínua, comumente usando filtro capacitivo, o que torna sua análise e dimensionamento complexas. A modelagem e o equacionamento do circuito para posterior projeto e especificação dos componentes se tornam tarefas dispendiosas, pois os circuitos utilizam elementos não-lineares, o que faz com que as correntes e tensões no circuito também sejam não-lineares. Assim, neste trabalho se apresenta uma metodologia simples e que dispensa o uso de ábacos, permitindo o projeto e escolha dos componentes com base em equações de baixa ordem e complexidade, facilitando o uso por estudantes e projetistas.

Palavras-chave: Retificador, Filtro capacitivo, Metodologia de projeto, Eletrônica de potência.

Abstract: This paper introduces the study and design methodology for half and full wave rectifiers with capacitive filter. Used in all power supplies such linear or switching, rectifiers are converters from alternate current to continuous current that normally used capacitive filters, what demands difficulty for its analysis and designing. Those difficulties occurs because the converters are essentially composed by non linear elements such diodes or switching semiconductors, so currents and voltages are non linear and analysis became complex and hard to realize. In this context, this paper presents and simple design methodology that dispenses the usage of abacus allowing the analysis and design with simple e low order expressions, that is interesting for designers and students.

***Keywords**: Rectifier, capacitive filter, design methodology, power electronics.*

[1] Professor do DAELN do IF-SC, <petry@ifsc.edu.br>.

1. INTRODUÇÃO

O uso de equipamentos eletrônicos nas residências, comércio e indústria tem aumentado a cada dia, com a proliferação de aplicações com as mais diversas finalidades, dentre elas: médicas, fabris, segurança, comunicação, entretenimento, etc.

O estágio de entrada, do ponto de vista do fornecimento de energia, de grande parte dos equipamentos eletrônicos, é um circuito retificador, tanto em fontes lineares ou em fontes chaveadas.

Estes circuitos retificadores, genericamente denominados de conversores corrente alternada para corrente contínua (ca-cc), empregam dispositivos semicondutores não-lineares, que podem ser diodos, tiristores ou interruptores chaveados em alta freqüência, no caso de MOSFETs (metal-oxide-semiconductor-field-effect-transistor) e IGBTs (insulated-gate-bipolar-transistor).

A análise matemática destes circuitos, em função das não-linearidades dos componentes envolvidos, se torna complexa, exigindo uma abordagem simplificada com fins de projeto e especificação de componentes (BARBI, 2005 e 2006).

Uma alternativa para evitar a análise dispendiosa dos circuitos dos retificadores é utilizar os simuladores de circuitos eletrônicos, obtendo então as amplitudes e formas de onda de interesse.

Por outro lado, a alternativa de utilizar simuladores é pouco prática para fins de projeto, quando um mesmo produto precisa ser alterado, ou então durante a fase de especificação de componentes, onde comumente se torna necessária

1

Próxima aula

Projeto de conversores CA-CC:

- Metodologia de projeto de retificadores.