



INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Prof. Engenheiro Elton Freitas
E-mail: eltonfreitasapps@gmail.com

INTRODUÇÃO - CONCEITO

- ▶ Desde que os primeiros motores surgiram, os projetistas perceberam uma necessidade básica, controlar sua velocidade, várias técnicas foram utilizadas ao longo dos anos e tiveram seu tempo de glória, com o aperfeiçoamento da eletrônica de potência, e a fácil integração com outros dispositivos, criou-se o inversor de frequência, um dispositivo eletrônico, que é de fundamental importância na indústria.

INVERSOR DE FREQUÊNCIA: o que é ? como funciona?



Figura 1: Inversores de frequência
Rockwell família ***Power Flex 525***



Figura 2: Inversores de frequência
Rockwell

FUNCIONAMENTO BÁSICO

- ▶ O sinal AC da rede é convertido em DC, e este novamente em AC, porém, agora pulsado e com largura modulada, assim podemos ajustar sua frequência e sua tensão e com isso controlar sua velocidade e seu torque.



BLOCOS BÁSICOS DE UM INVERSOR

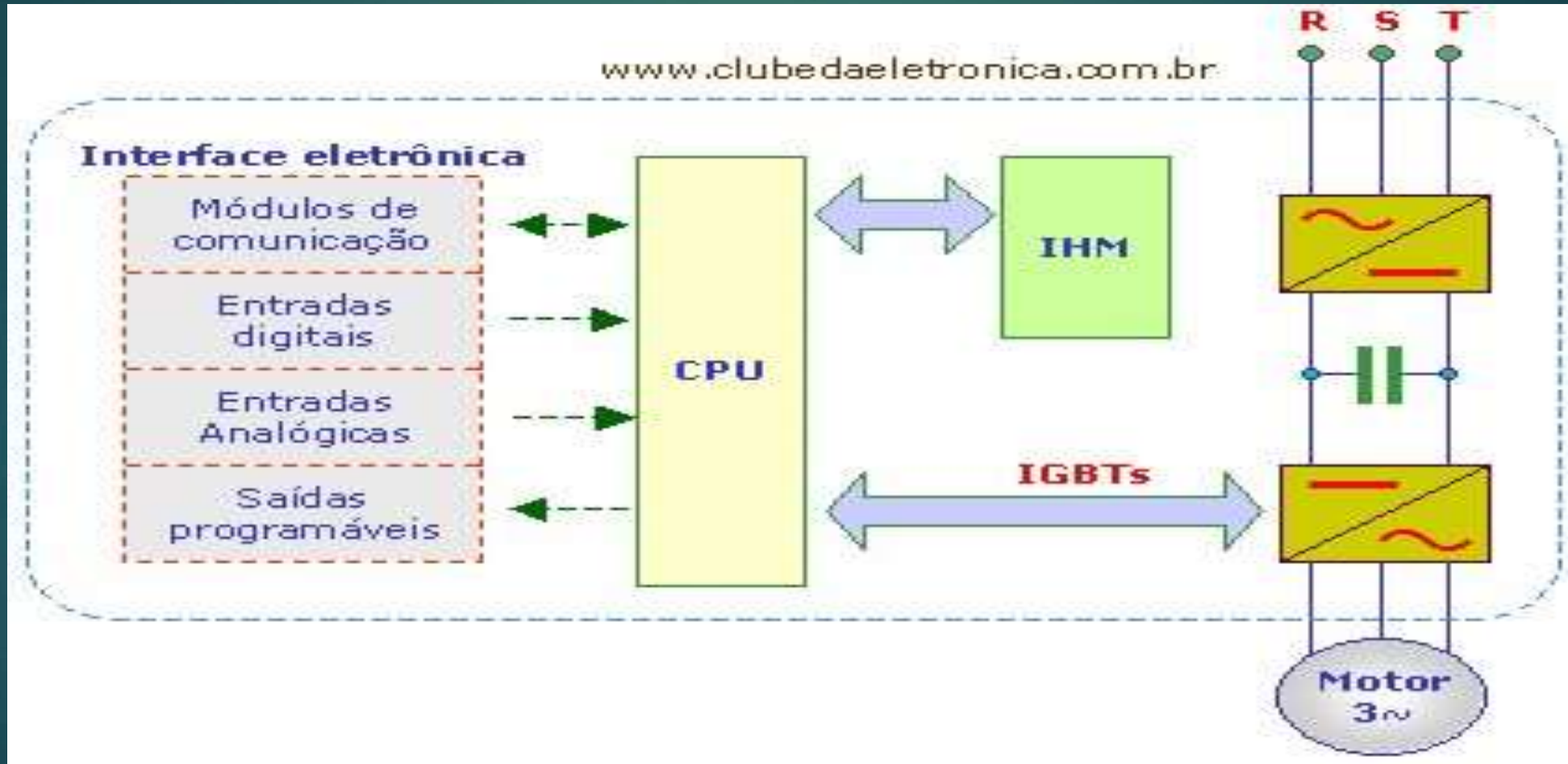


Figura 3: Blocos componentes do inversor de Frequência

BLOCO: UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO (CPU)

- ▶ Tem como base de processamento um microcontrolador ou ainda um microprocessador, porém, este último necessita de memórias agregadas. Pode ser considerado o cérebro do inversor de frequência, pois é neste bloco que todas as os dados do sistema e parâmetros ficam armazenados. A CPU também é responsável pela geração da lógica de pulsos para os transistores.

BLOCO: INTERFACE HOMEM MÁQUINA (IHM)

- ▶ É o bloco de interação entre o usuário e máquina, é neste bloco que ocorre a parametrização, ou seja, é através deste bloco que as informações como, frequência e torque são inseridas no inversor, além de permitir a visualização do que está ocorrendo.

BLOCO: INTERFACE ELETRÔNICA

- ▶ Permite a comunicação com dispositivos externos. Neste bloco, poderá existir: módulos de redes de comunicação, entradas para sinais analógicos de 0 a 10V ou 4 a 20mA, entradas digitais, saídas programáveis etc.

BLOCO: ETAPA DE POTÊNCIA

- ▶ É constituída pelo retificador trifásico de potência, que através do barramento DC, alimenta um módulo com seis transistores IGBT (*Transistor bipolar de porta isolada*). Esta etapa é comum a todos os inversores.

ARQUITETURA BÁSICA DA ETAPA DE POTÊNCIA

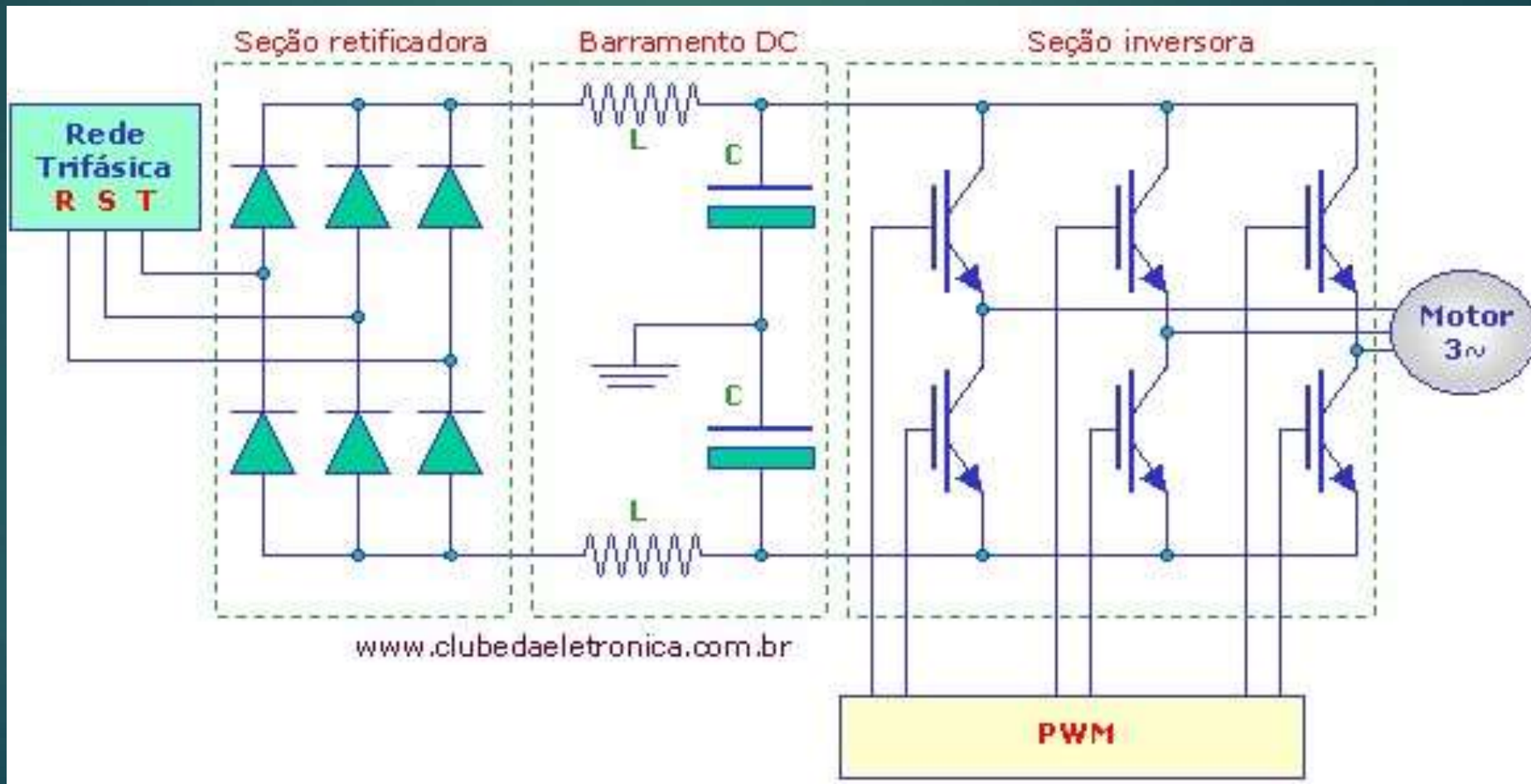


Figura 4: Diagrama detalhado das etapas do inversor de frequência

SEÇÃO RETIFICADORA

- ▶ Consiste em uma ponte retificadora trifásica onde, seis diodos retificam a tensão trifásica da rede R S T proporcionando uma saída contínua, porém, com uma certa ondulação ou “ripple” que será minimizado pelo barramento DC.

SEÇÃO RETIFICADORA

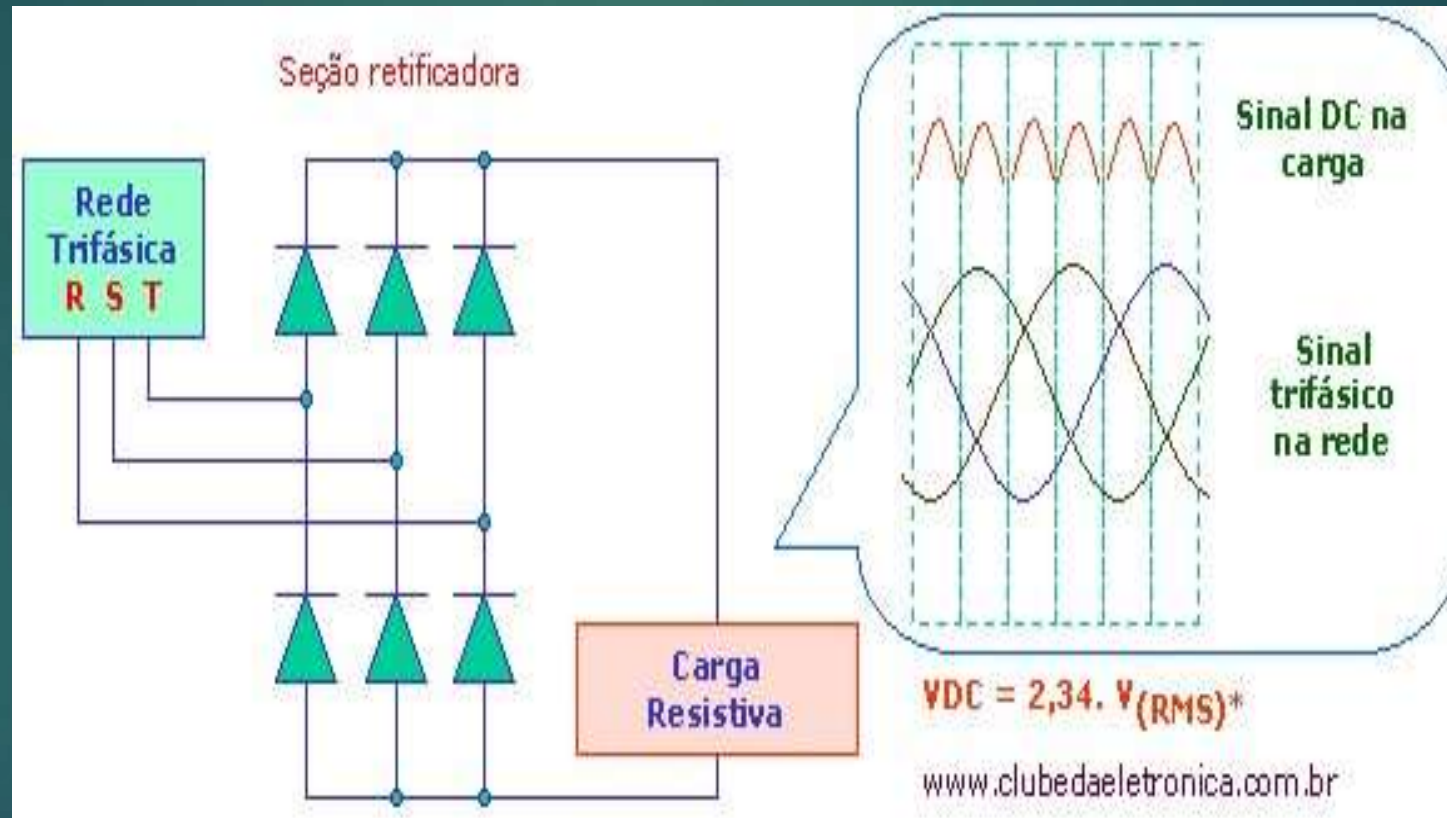


Figura 5: Conversor do tipo retificador

BARRAMENTO DC

- Pós-retificado a tensão DC resultante é filtrada, a fim de ser finalmente utilizada pela seção inversora.

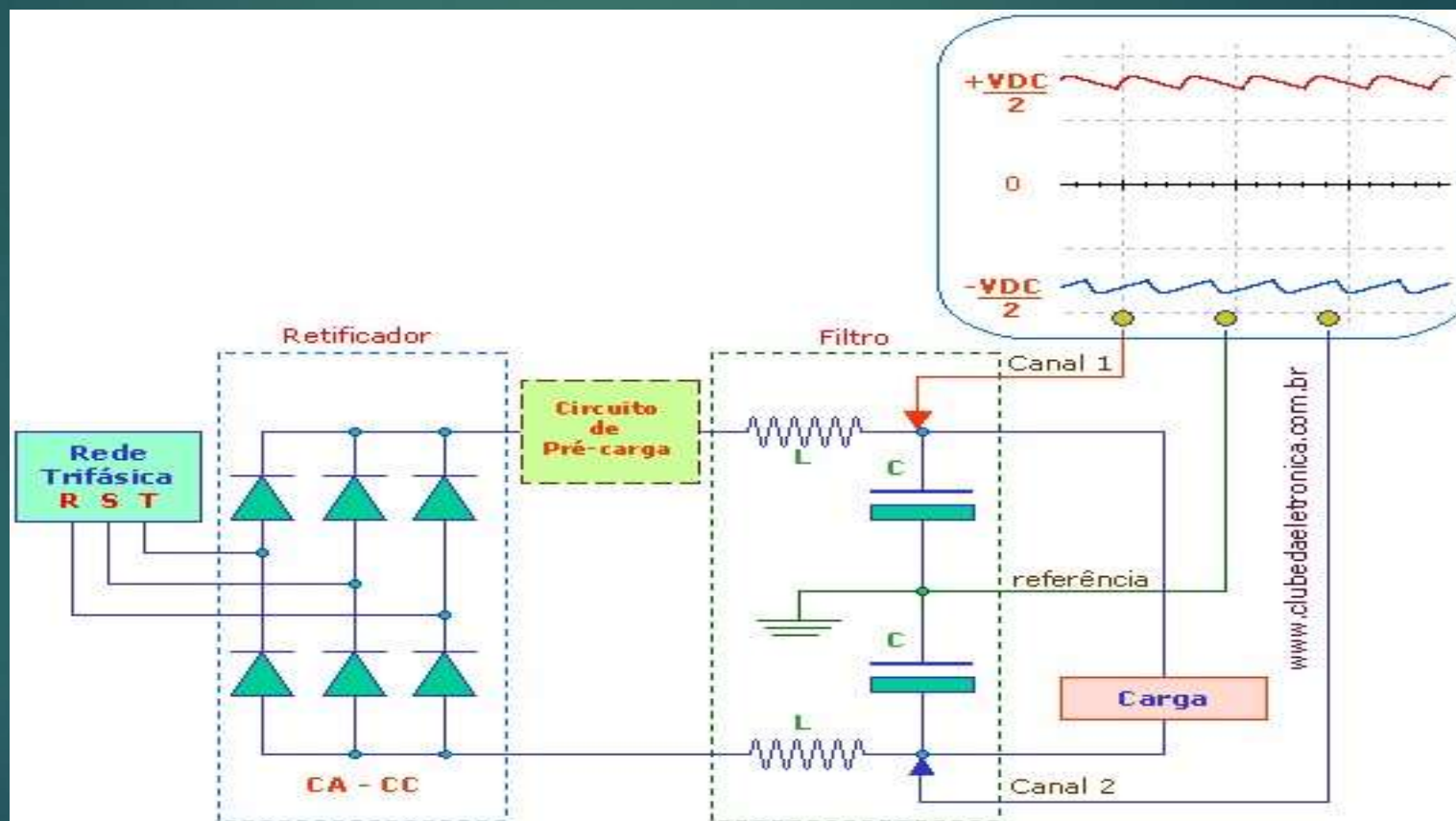


Figura 6: Diagrama detalhado do retificador com o filtro

CIRCUITO DE PRÉ-CARGA

- ▶ Ao energizar o inversor de frequência uma tensão relativamente alta será entregue ao filtro, que estará inicialmente descarregado, o que acarretará um alto pico de corrente que poderá causar danos ao inversor, uma maneira simples de controlar esta corrente é utilizando um circuito de pré-carga, que pode ser desde um simples resistor a um circuito mais complexo.

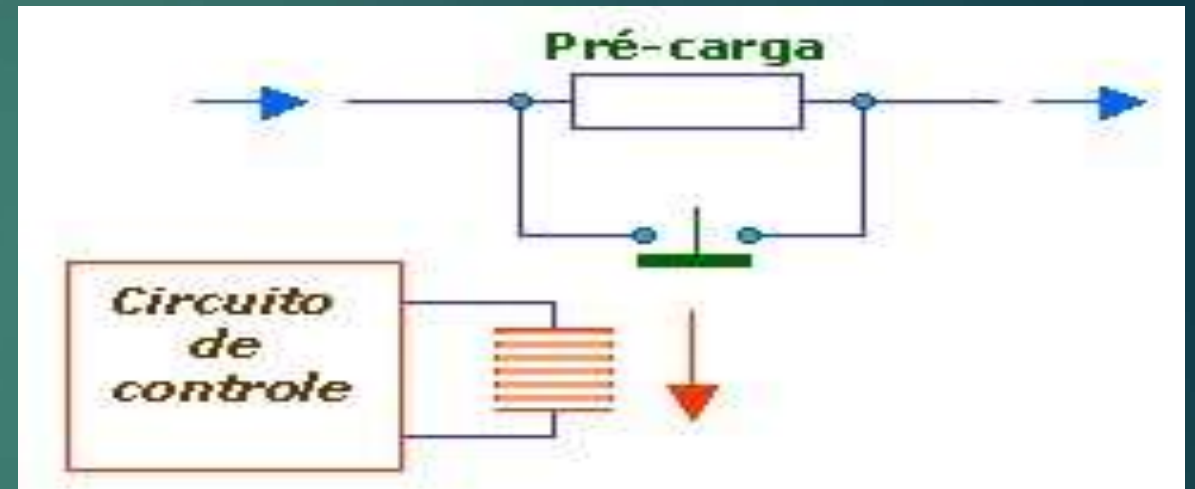


Figura 7: Circuito de Pré-Carga

MÓDULO DE FRENAGEM

- ▶ O módulo de frenagem, tem como objetivo remover a energia armazenada por cargas regenerativas, quando estas são desaceleradas. Sendo mais genérico, toda a carga que requer parada rápida pode ser considerada uma carga regenerativa, ou seja, devolve a energia para a fonte.

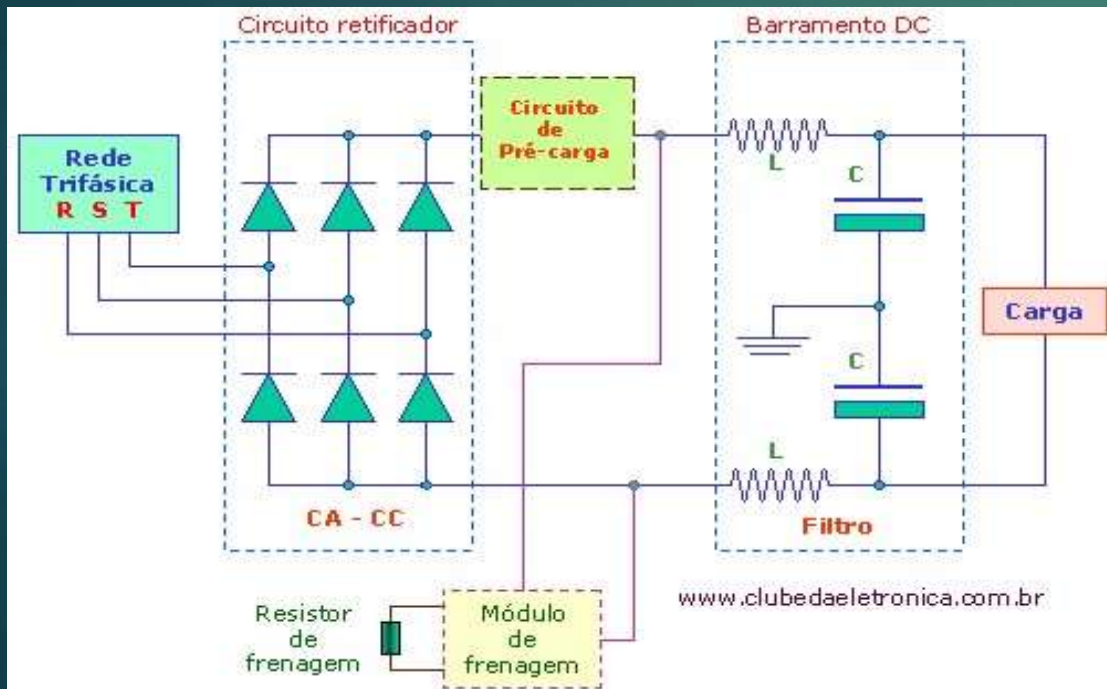


Figura 8: Diagrama detalhado do retificador e Barramento DC

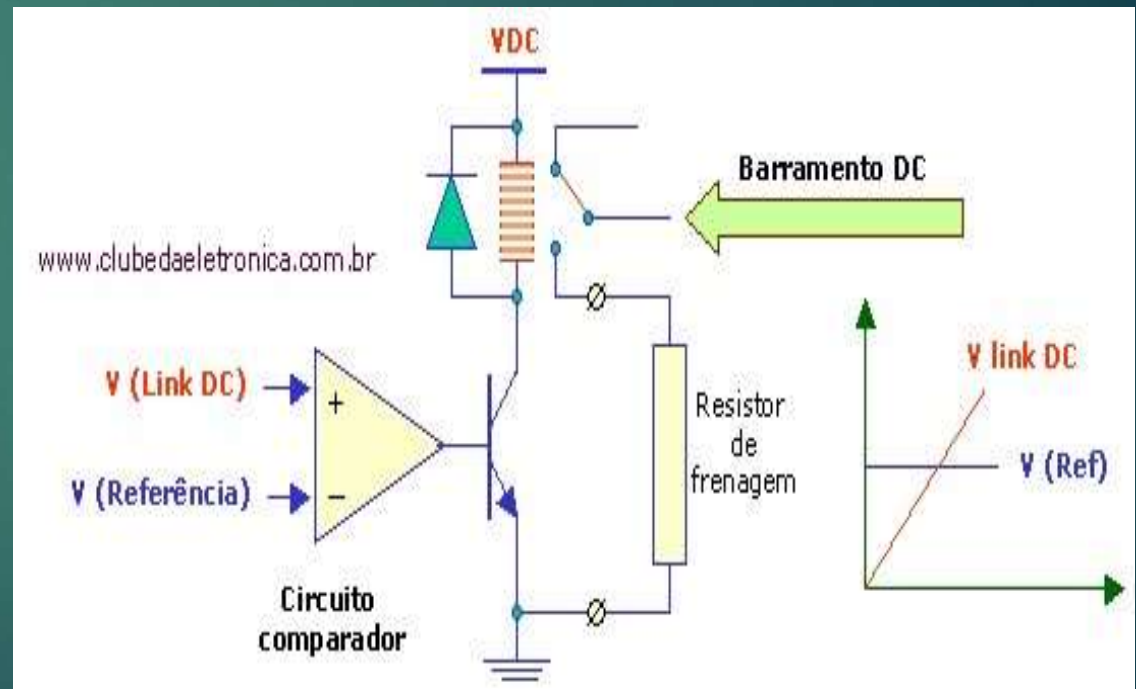


Figura 8.1: Módulo de Frenagem

SEÇÃO INVERSORA

- ▶ Uma vez retificado e filtrado o sinal deverá ser novamente convertido em alternado, esta função é atribuída à um conjunto de IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) que operam em corte (chave aberta) e saturação (chave fechada) obedecendo uma lógica previamente estabelecida.

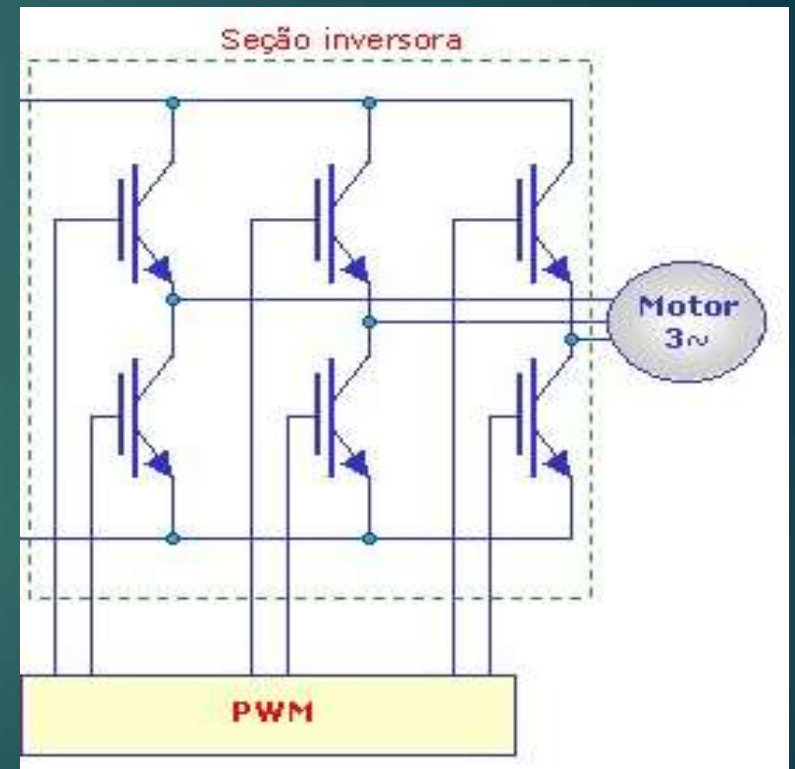


Figura 9: Seção inversora

INVERSOR MONOFÁSICO

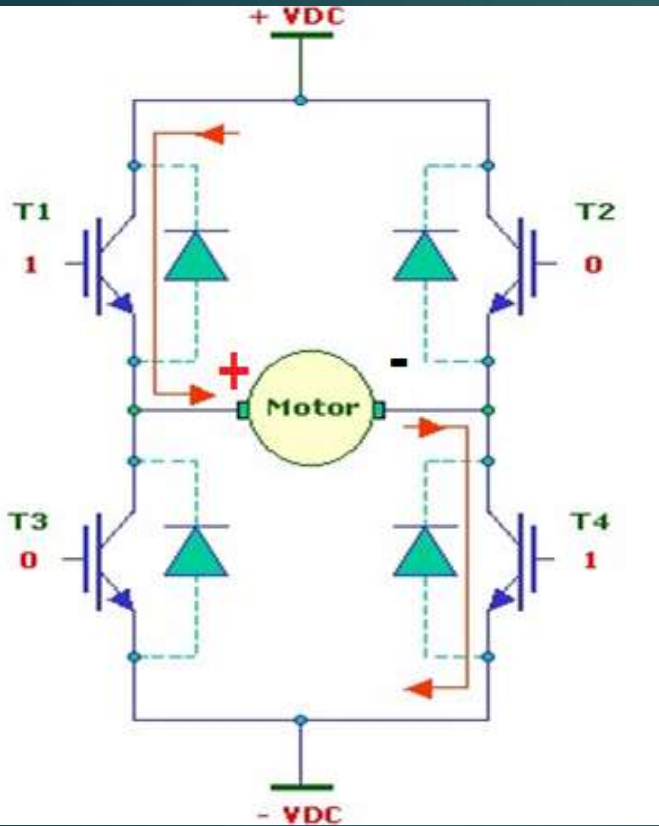


Figura 10: Inversor monofásico comutando os transistores T1 e T4

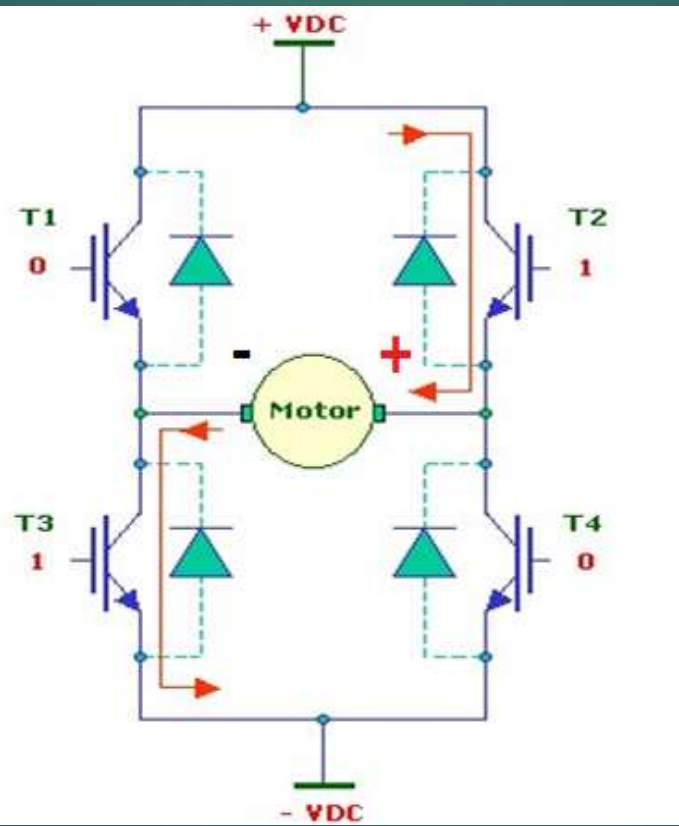


Figura 11: Inversor monofásico comutando os transistores T2 e T3

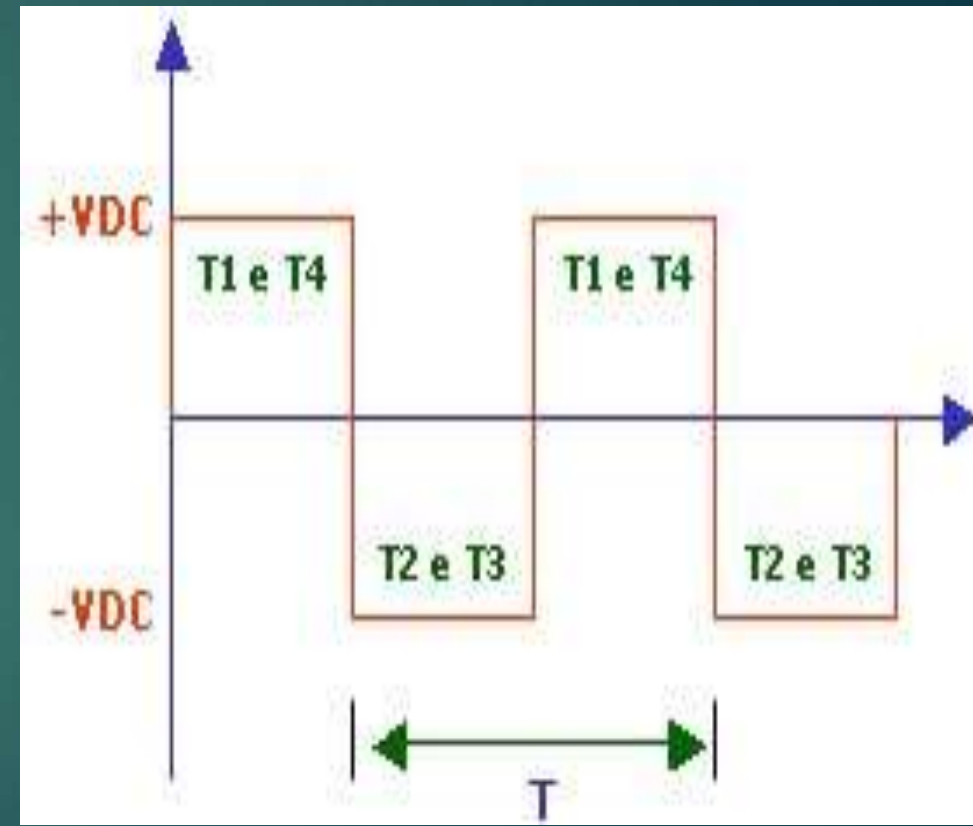


Figura 12: frequência resultante do inversor monofásico

MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO (PWM)

- ▶ Como os transistores trabalham como chaves “liga e desliga”, a forma de onda de tensão de saída do inversor é sempre quadrada. Para obter uma tensão de saída mais próxima da senoidal os transistores chaveiam modulando sua largura de pulso através de uma técnica chamada PWM (*Pulse Width modulation*).

DUTY CICLE (ciclo de trabalho)

- ▶ Imagine uma chave simples liga e desliga, quando ligada 100% da tensão e da potencia é aplicada a carga, já quando a chave esta aberta a tensão é nula e assim a potência é 0. **Quando controlamos o tempo que a chave fica ligada e consequentemente o tempo dela desligada podemos controlar a potencia média entregue a carga**, por exemplo: a chave fica ligada 50% ligada e 50% desligada, isso quer dizer que em média temos 50% do tempo com corrente e 50% sem. Portanto a potência média aplicada na carga é a própria tensão média, ou seja, 50%, portanto quanto maior o tempo que o pulso se manter em nível lógico alto, ou seja, ligado maior a potencia entregue a carga, quanto menor o tempo em nível lógico alto menor a entrega de potencia.

DUTY CICLE (ciclo de trabalho)

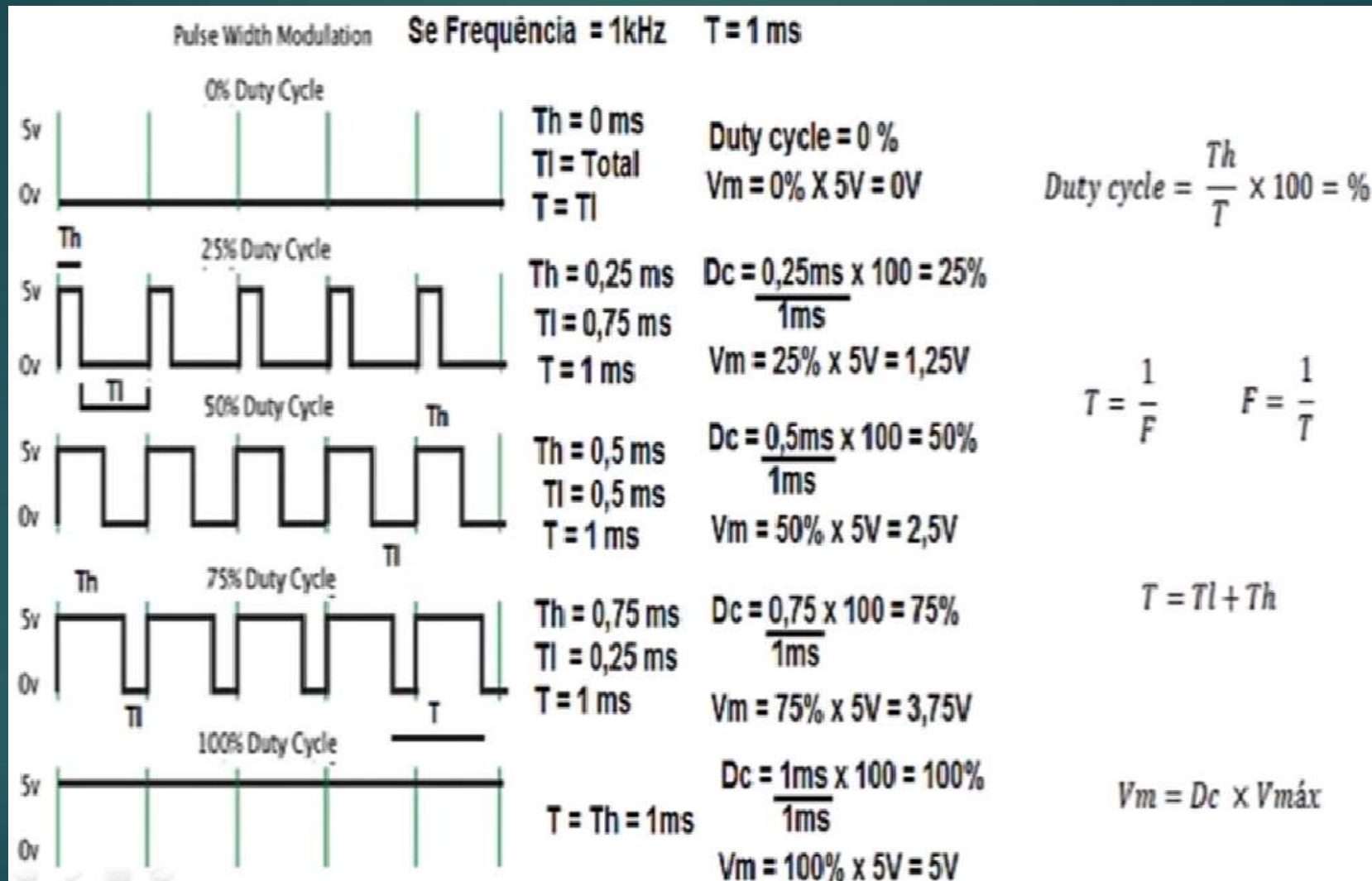


Figura 13: Pulsos modulados em 0%;25%;50%;75% e 100% de duty cycle.

GERAÇÃO DO PWM PELA COMBINAÇÃO DE ONDA QUADRADA E SENOIDAL

Com o uso do microprocessador as funções do PWM são efetivamente realizadas pela combinação de uma onda triangular e uma senoidal que produz a forma de onda da tensão de saída.

O sinal triangular é a frequência do chaveamento do inversor. O gerador de onda senoidal produz um sinal que determina a largura dos pulsos e, portanto, a tensão rms de saída do inversor.

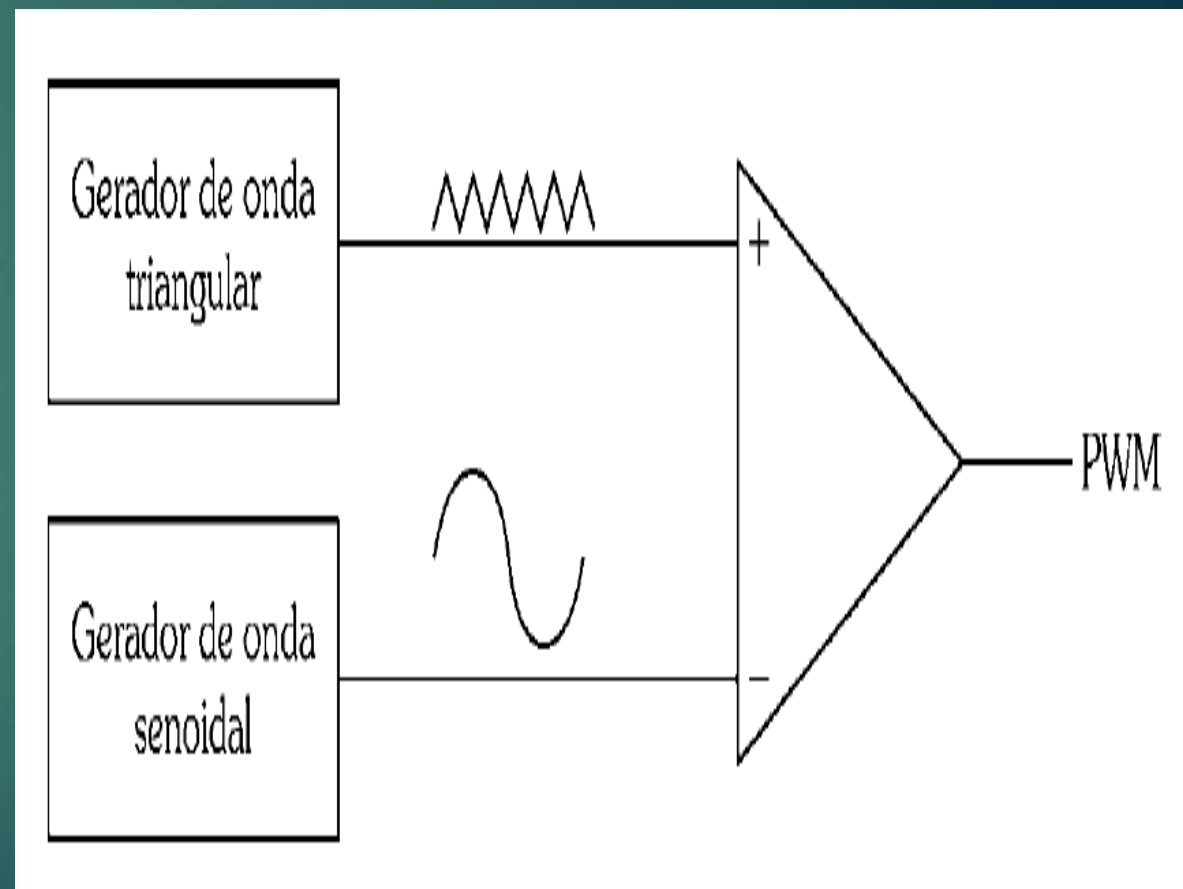


Figura 14: Geração do PWM pela combinação de uma onda triangular e uma senoidal

MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO (PWM)

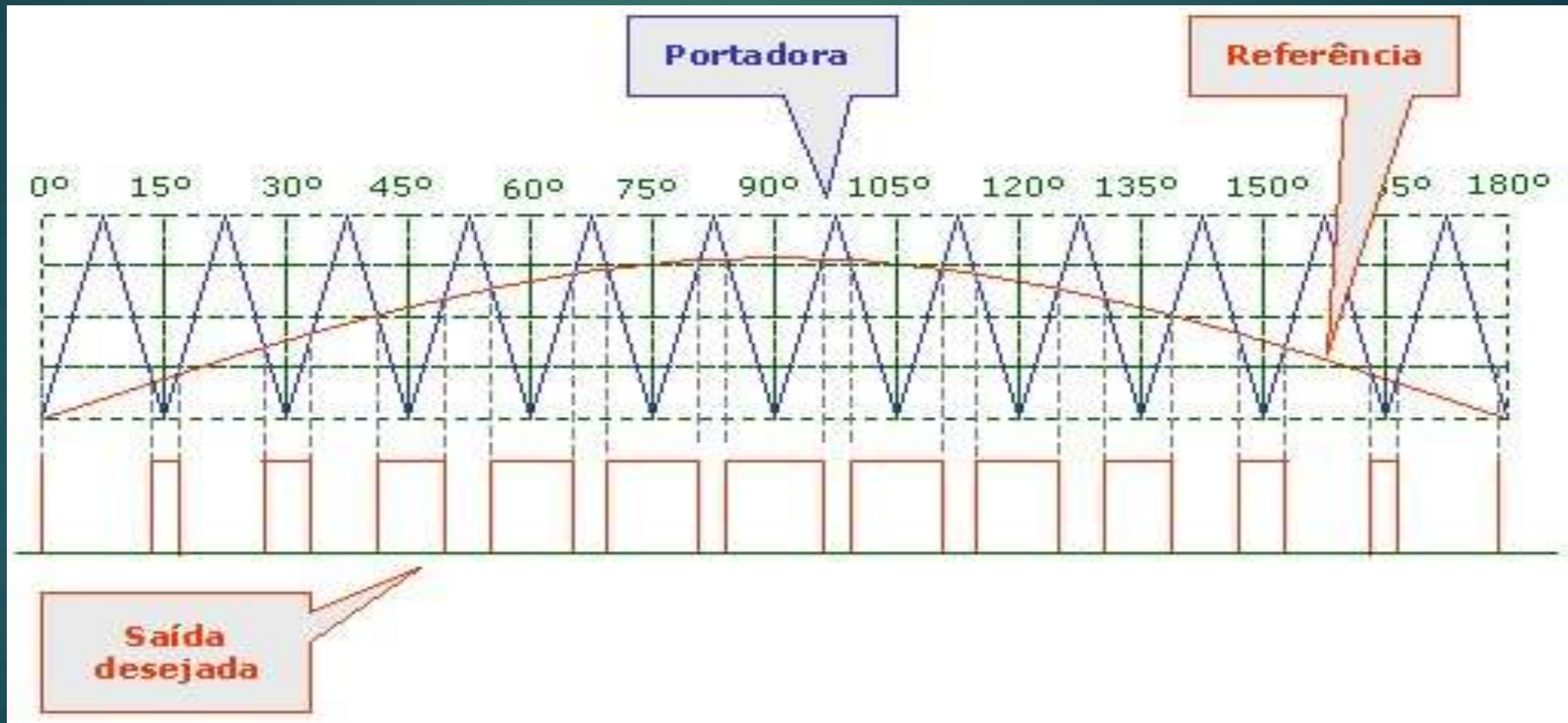


Figura 15: Geração de PWM e sinal de saída do gerador de PWM

MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO (PWM)

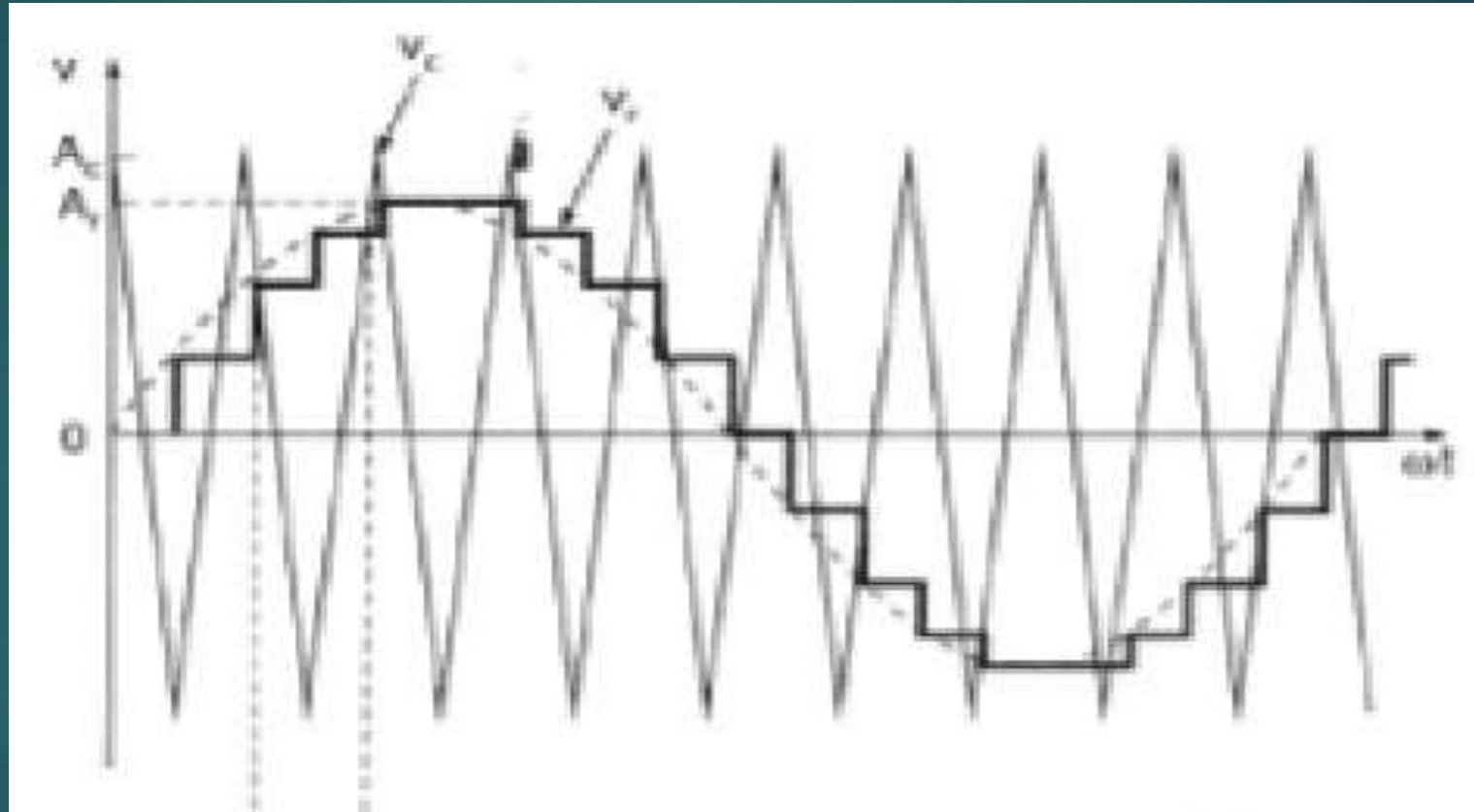


Figura 16: Geração de sinal de comando

CONTROLE DE FREQUÊNCIA

- ▶ De acordo com a variação de frequência de chaveamento dos transistores, a velocidade de rotação do motor aumenta ou diminui na mesma proporção.

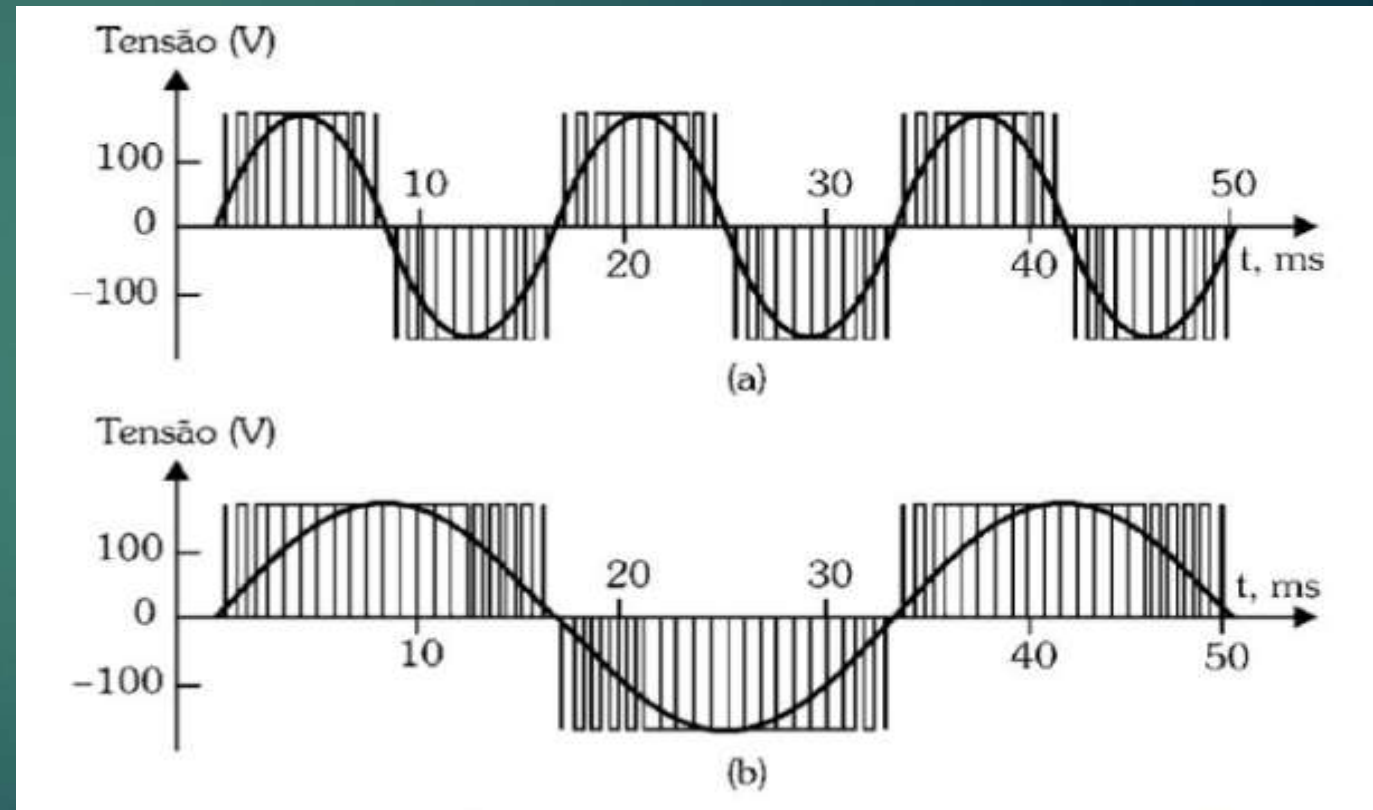


Figura 17: frequência de controle variável com um inversor de frequência: a) Forma de onda 60Hz, 120V; b) Forma de onda 30Hz, 120V.

CHAVEAMENTO TRIFÁSICO

- ▶ Nas aplicações industriais, os motores são trifásicos, então para que o motor funcione adequadamente, é necessário que os IGBTs tenham um controle de pulsos de disparos de modo a gerar tensões defasadas em 120° uma da outra.
- ▶ Nesta situação, somente dois transistores poderão ser ativados por vez, sendo um do grupo positivo (T1, T3 e T5) e um do grupo negativo (T4, T6 e T2).

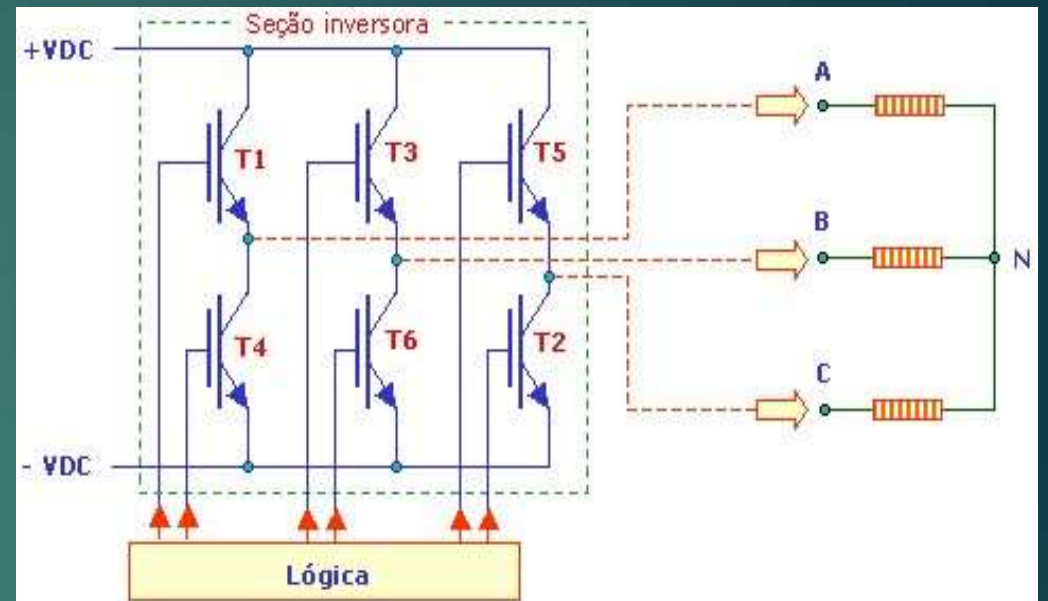


Figura 18: Diagrama esquemático da seção inversora

TENSÕES APLICADAS NOS RESPECTIVOS INSTANTES DE TEMPO

Intervalo	IGBT1	IGBT2	IGBT3	IGBT4	IGBT5	IGBT6	VAN	VBN	VCN
0 – 60°	1	0	0	0	0	1	+VDC /2	- VDC/ 2	0
60 – 120°	1	1	0	0	0	0	+VDC /2	0	- VDC/ 2
120° - 180°	0	1	1	0	0	0	0	+VDC /2	- VDC/ 2
180° - 240°	0	0	1	1	0	0	- VDC/ 2	+VDC /2	0
240° - 300°	0	0	0	1	1	0	- VDC/ 2	0	+VDC /2
300° - 360°	0	0	0	0	1	1	0	- VDC/ 2	+VDC /2

Tabela 1: Tensões aplicada ao motor nos respectivos instantes de tempo

TENSÕES DEFASADAS EM 120°

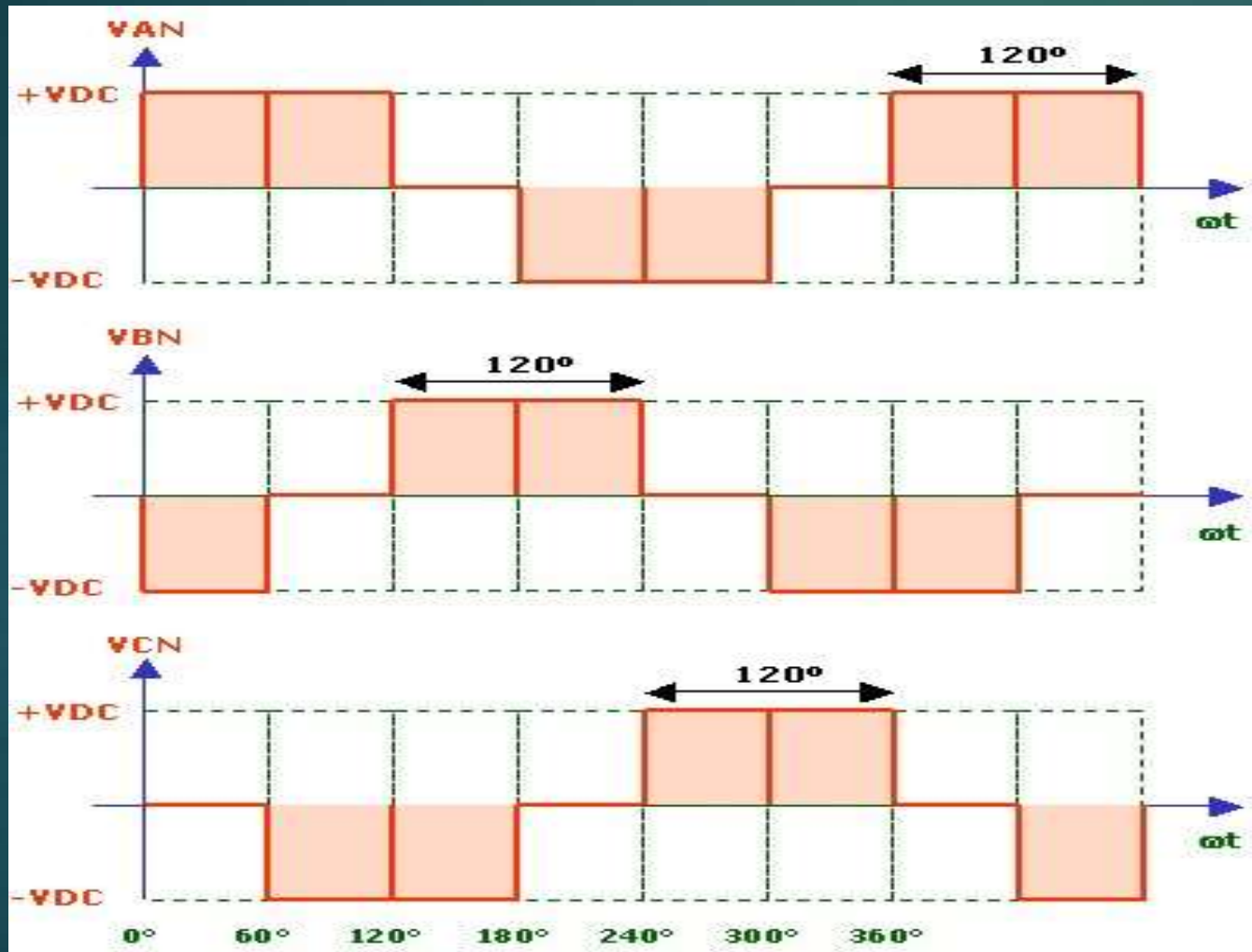


Figura 19: Forma de onda das tensões defasadas em 120° .

MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO (PWM)

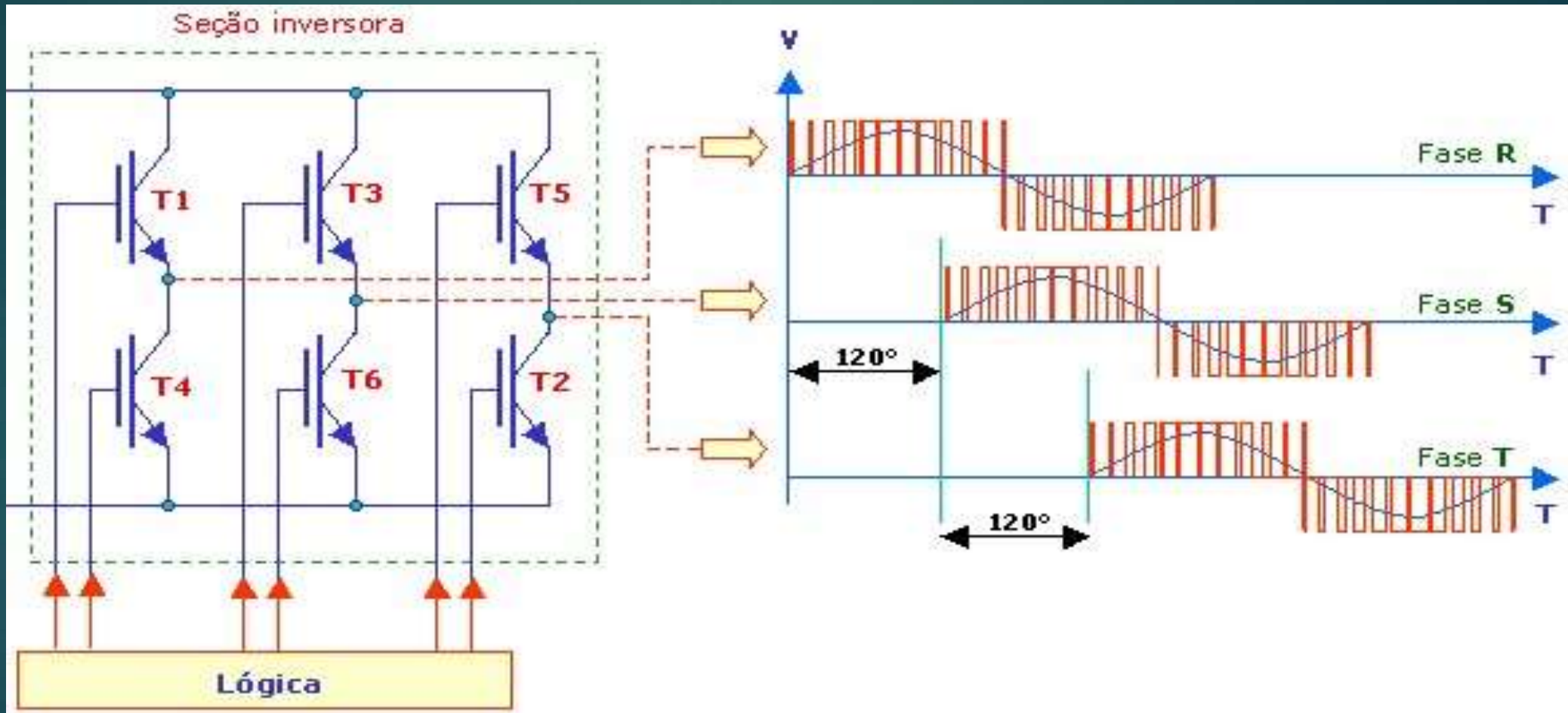


Figura 20: Diagrama esquemático da seção inversora e a forma de onda das três tensões resultantes na saída do bloco inversor

OBRIGADO!