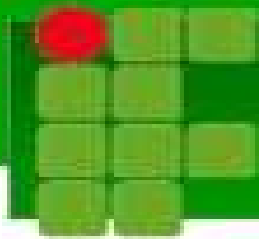


Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Vitor Gabriel Ramos

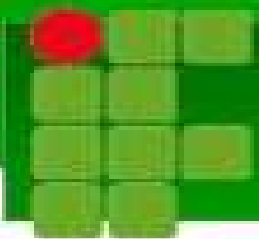
Instituto Federal de Santa Catarina



Introdução

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina

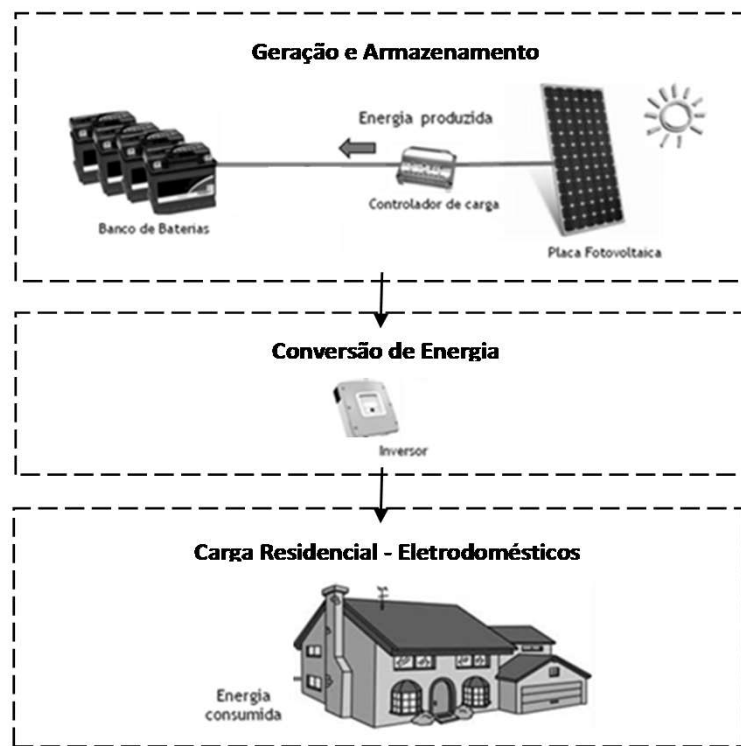


Introdução

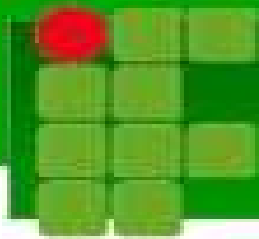
- Sol, fonte primária de energia;
- Interferência de fatores externos;
- Estocagem de energia;
- Captação, armazenamento e conversão;
- Mecanismos de conversão de energia.

Instituto Federal de Santa Catarina

Introdução



Instituto Federal de Santa Catarina



Objetivos

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina

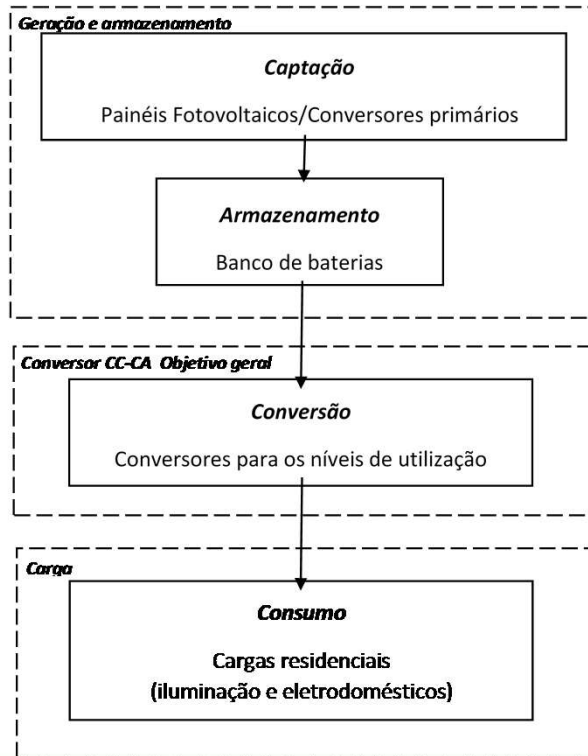


Objetivo geral

Estudo e desenvolvimento de uma topologia de conversor capaz de transformar a energia armazenada em um banco de baterias na energia consumida em uma residência.

Instituto Federal de Santa Catarina

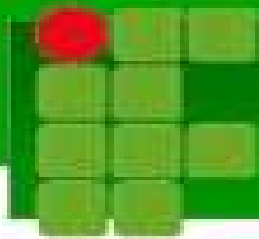
Objetivo geral





Objetivo específico

Transformar uma tensão de 24 Vcc em 220 Vca, senoidal, com frequência de 60 Hz e potência nominal de saída de 100 W aplicada a uma carga resistiva.



Estudos dos conversores

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina



Conversores

“ Um conversor estático pode ser definido como um sistema constituído por elementos passivos (resistores, capacitores, indutores, ...) e elementos ativos (interruptores), associados de uma forma pré-estabelecida para o controle de fluxo de energia elétrica. ” (RECH, 2015)



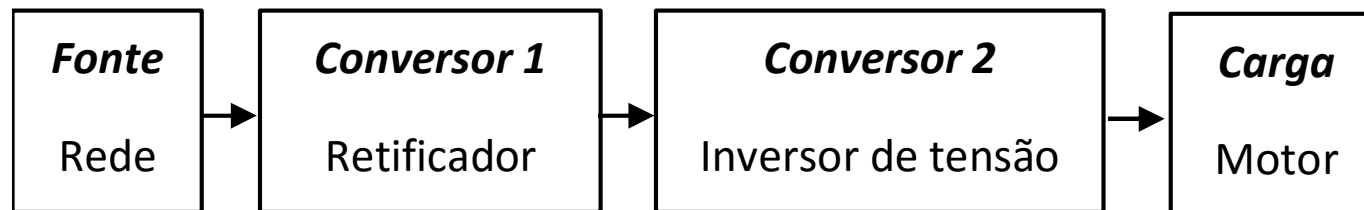
Conversores em cascata

“A associação de conversores em cascata visa o processamento de energia em etapas” (Hart, 2012) , ou seja, cada topologia adicionada representa uma nova transformação em termos de tensão, corrente ou modulação.



Conversores em cascata

- Inversor de frequência:

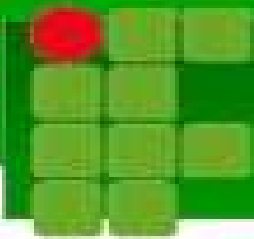




Modelo funcional

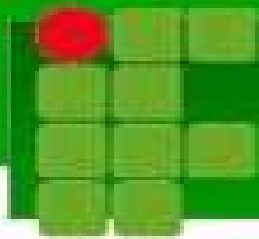
- Modelo do conversor proposto:





Topologias dos conversores propostos

- Estágio de elevação: Associação cascata de conversores CC-CC tipo Boost;
- Estágio de inversão: Inversor de tensão ponte completa com modulação PWM senoidal e filtro de saída.

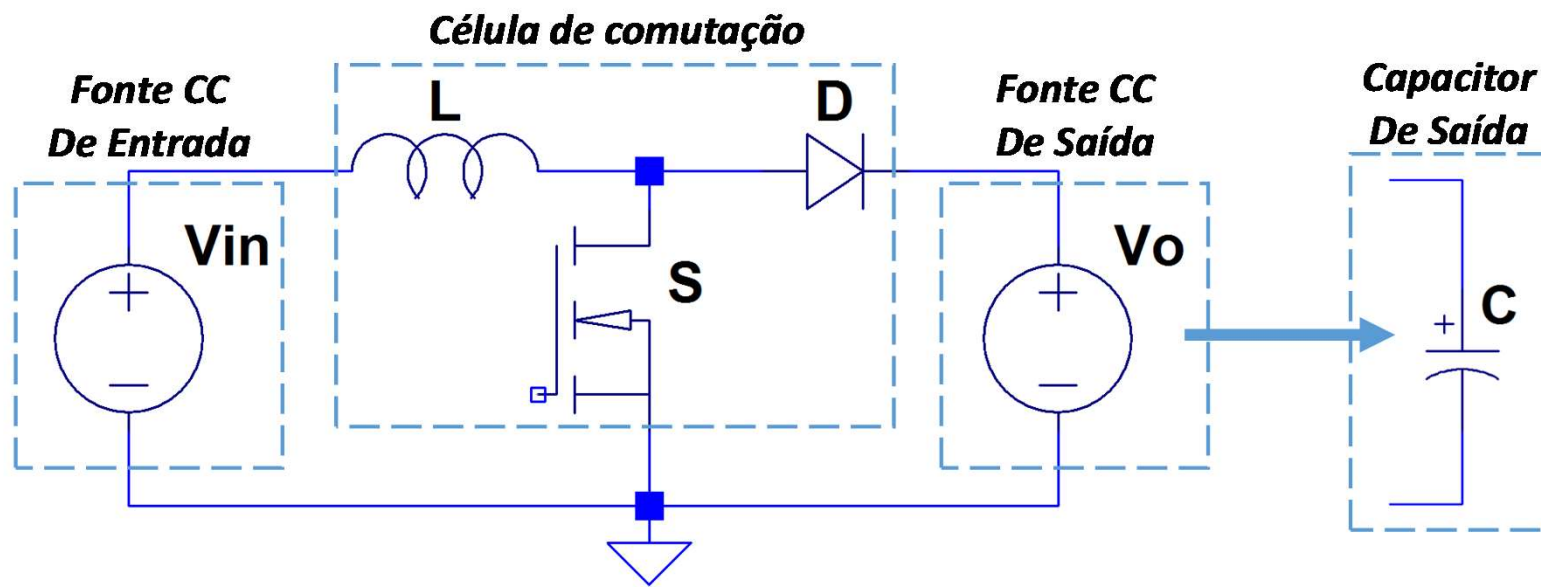


O conversor Boost

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

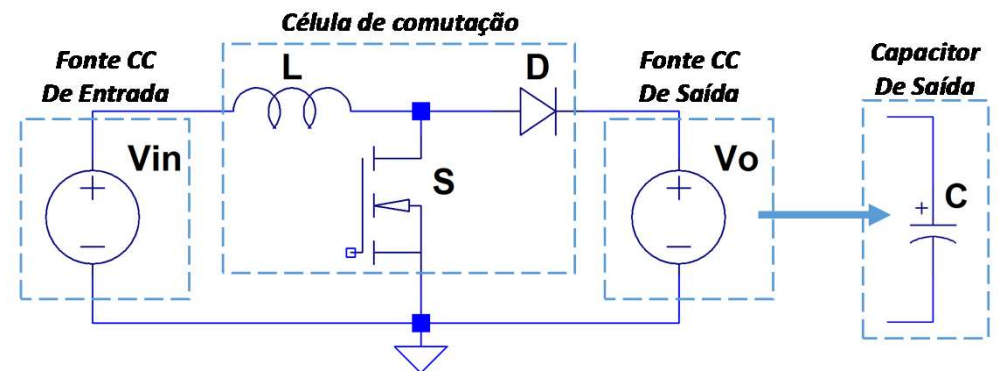
Instituto Federal de Santa Catarina

Conversor Boost



Conversor Boost

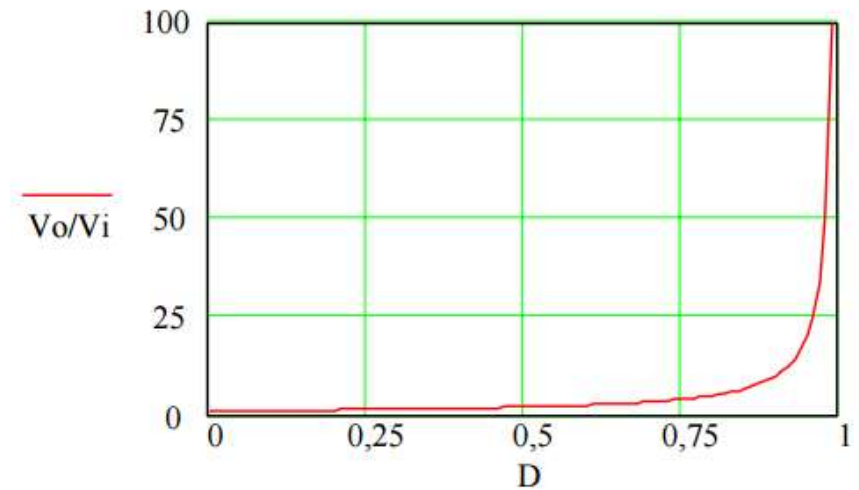
- Estrutura de conversor comutado;
- Aplicação em fontes chaveadas;
- Elevação da tensão em um potencial contínuo;
- Entrada com comportamento de fonte de corrente.

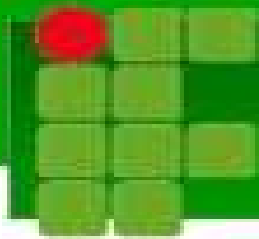


Conversor Boost

- Ganho de tensão:

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D}$$



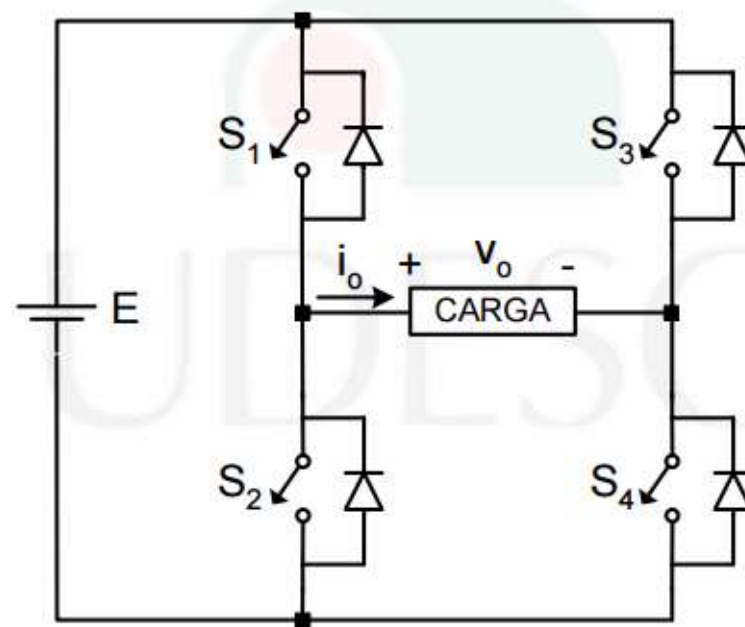


O inversor monofásico ponte completa

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina

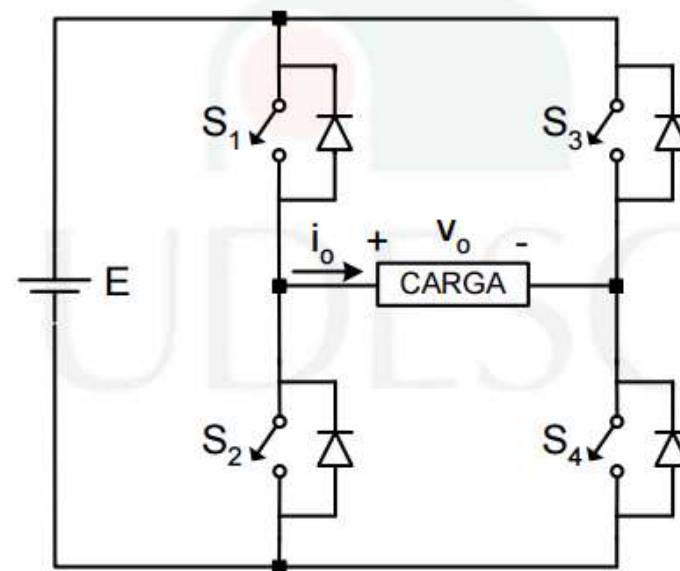
Inversor monofásico ponte completa



Instituto Federal de Santa Catarina

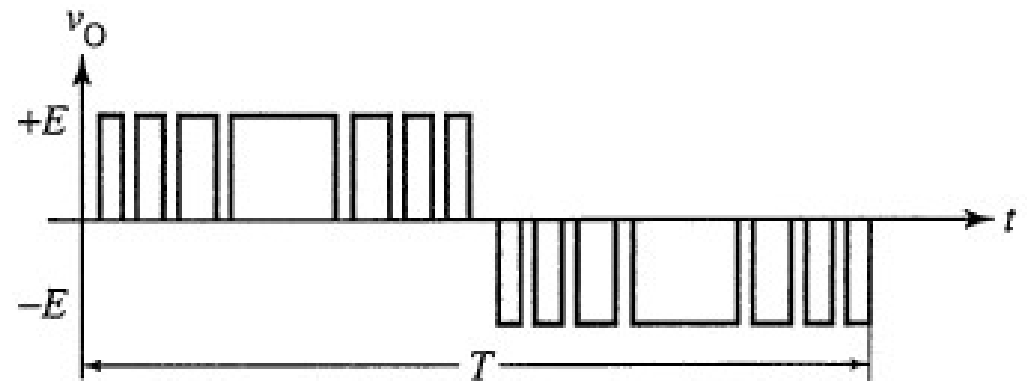
Inversor monofásico ponte completa

- Transformação de tensão contínua para alternada;
- “Os inversores transferem potência de uma fonte CC para uma carga CA.” (Hart, 2012) ;
- Permitem a utilização de técnicas de modulação e também filtros de saída.



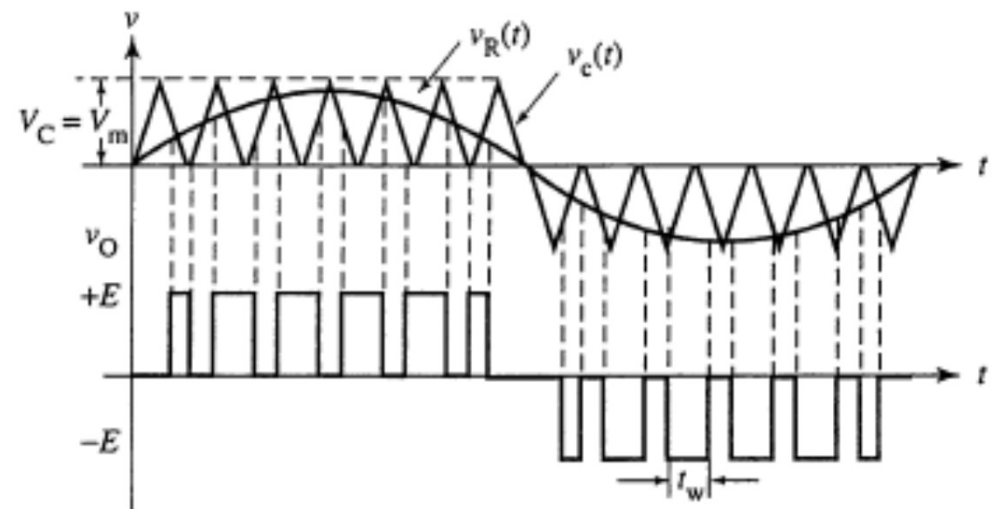
Inversor monofásico ponte completa

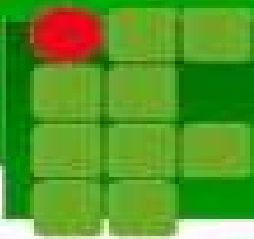
- Modulação PWM senoidal a três níveis;
- Estágio positivo, estágio negativo e estágio zero;
- Variação da largura de pulso;



Inversor monofásico ponte completa

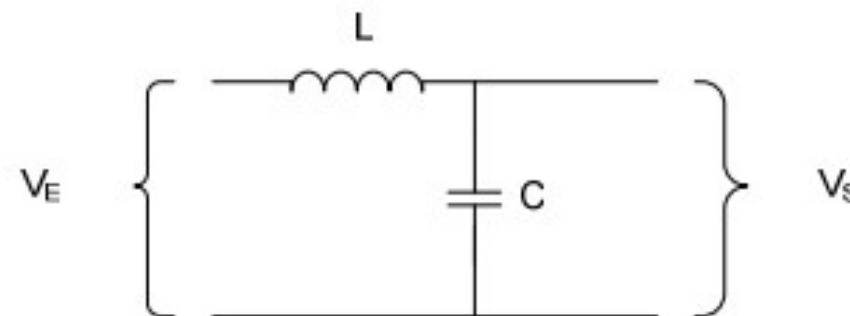
- Modulação PWM senoidal a três níveis;
- Estágio positivo, estágio negativo e estágio zero;
- Variação da largura de pulso;

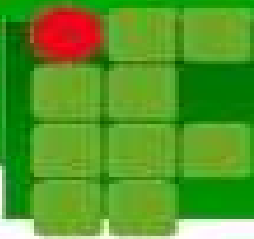




Inversor monofásico ponte completa

- Filtro seletor de frequências tipo LC passa baixa;
- Limita sinais em frequência superior a frequência de corte;



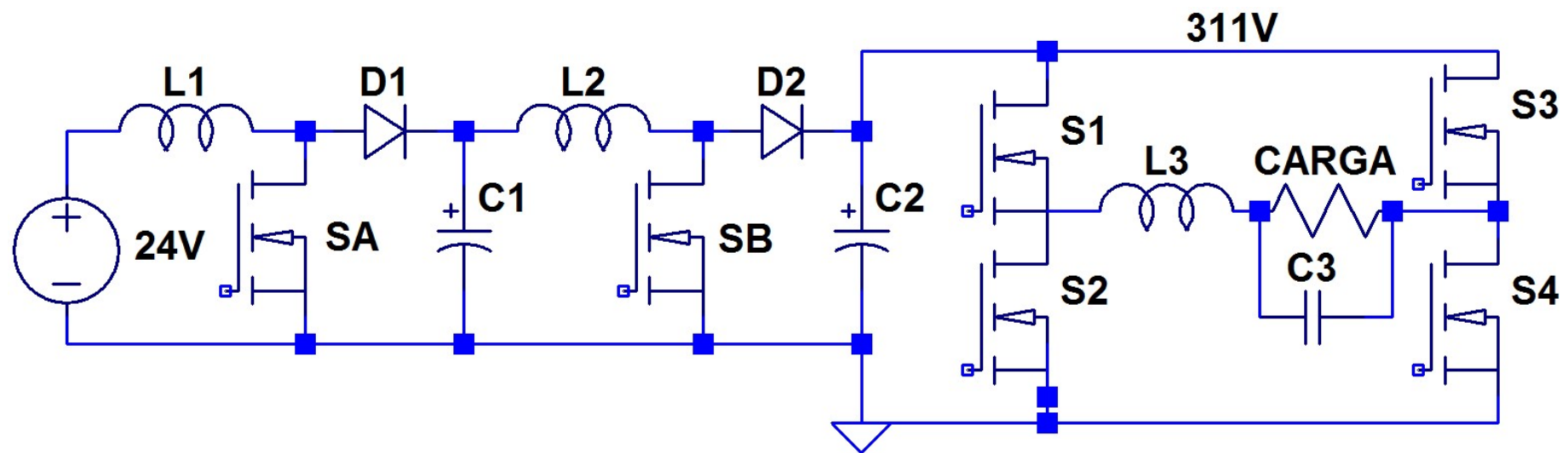


O conversor CC-CA completo

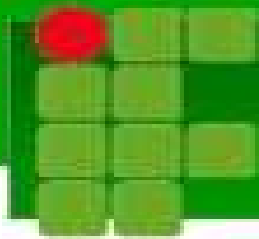
Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina

Conversor CC-CA completo



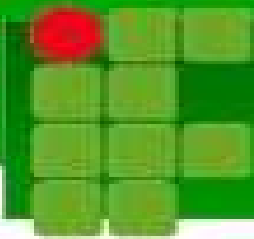
Instituto Federal de Santa Catarina



Circuitos de comando e acionamento

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina



Circuitos de comando e acionamento

Circuitos de comando:

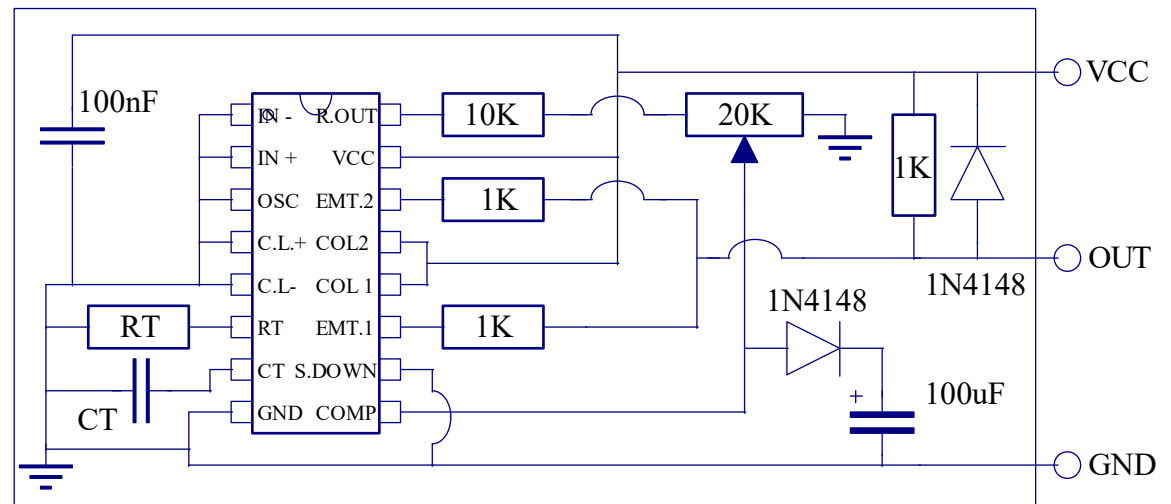
- Contemplam a parte lógica dos conversores;
- A geração dos sinais que irão acionar as chaves.

Circuitos de acionamento:

- Adequam os níveis de tensão e corrente dos sinais vindos dos circuitos de comando aos níveis necessários ao acionamento dos interruptores de potência.

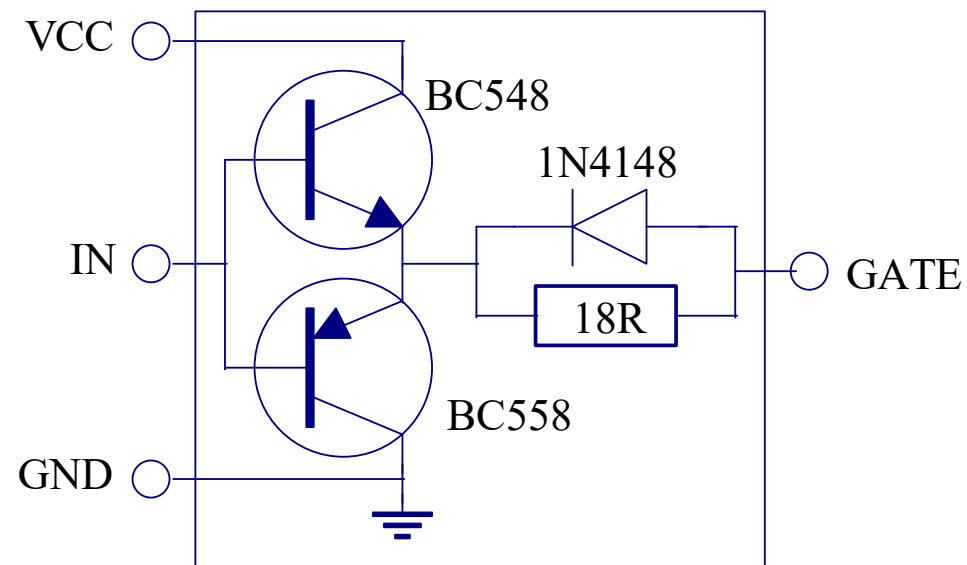
Comando dos conversores Boost

- Circuito integrado SG3524;
- Malha aberta;
- Partida suave.



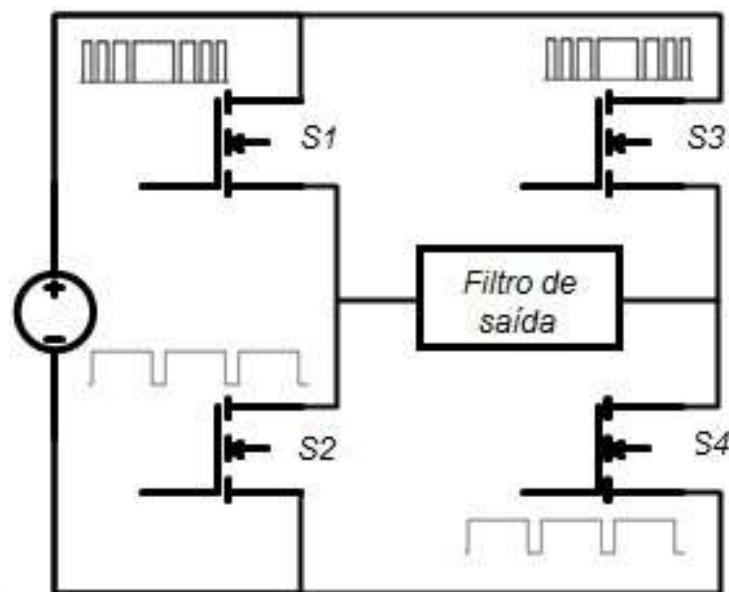
Acionamento dos conversores Boost

- Associação de transistores bipolares (totem-pole);
- Diodo rápido para a descarga do gatilho.



Comando do inversor

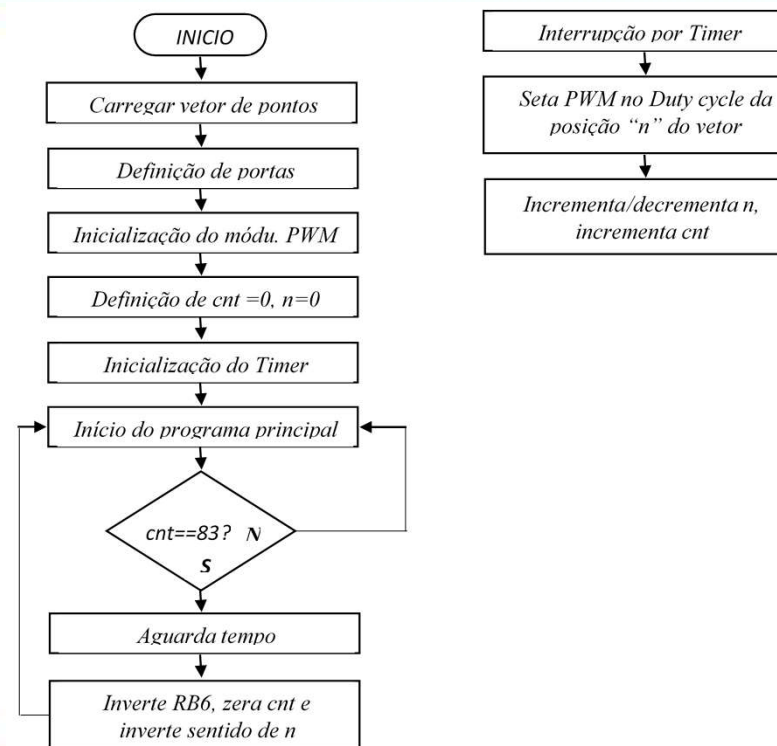
- Sinais de comando:



-

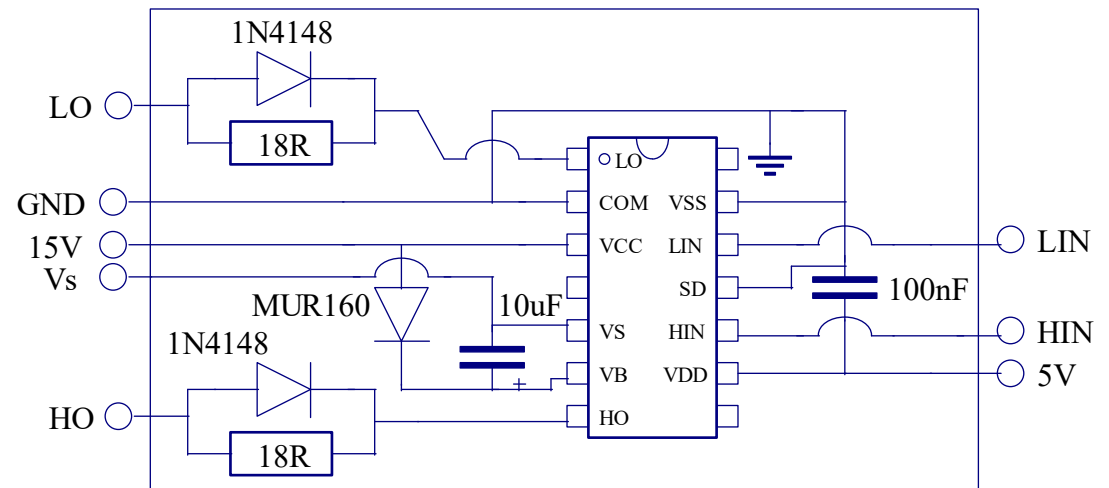
Comando do inversor

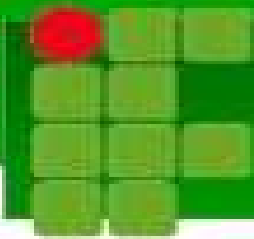
- Algoritmo de comando:



Acionamento do inversor

- Circuito integrado IR2112;
- Técnica Bootstrap;





Os conversores Boost em cascata

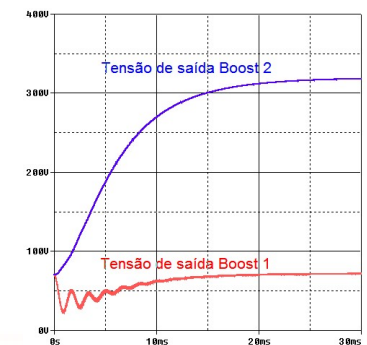
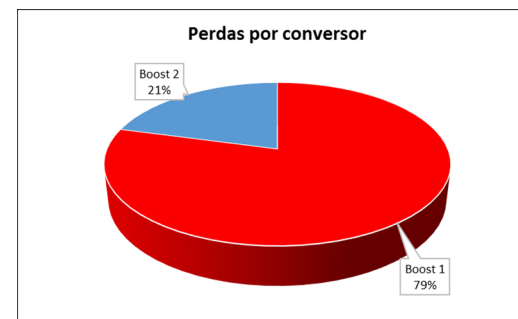
Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

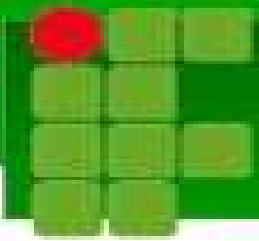
Instituto Federal de Santa Catarina

Os conversores Boost em cascata

Etapas de projeto:

- Cálculos base;
- Seleção de componentes;
- Simulações;
- Cálculo das perdas;

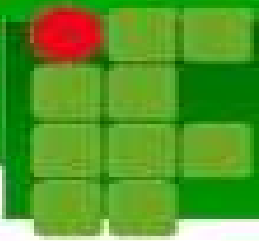




Os conversores Boost em cascata

Cálculos base:

- Divisão dos ganhos;
- Cálculo das razões cíclicas;
- Estimativa das eficiências;
- Cálculo das correntes;
- Cálculo das indutâncias;
- Cálculo das capacitâncias;
- Projeto físico dos indutores.



Os conversores Boost em cascata

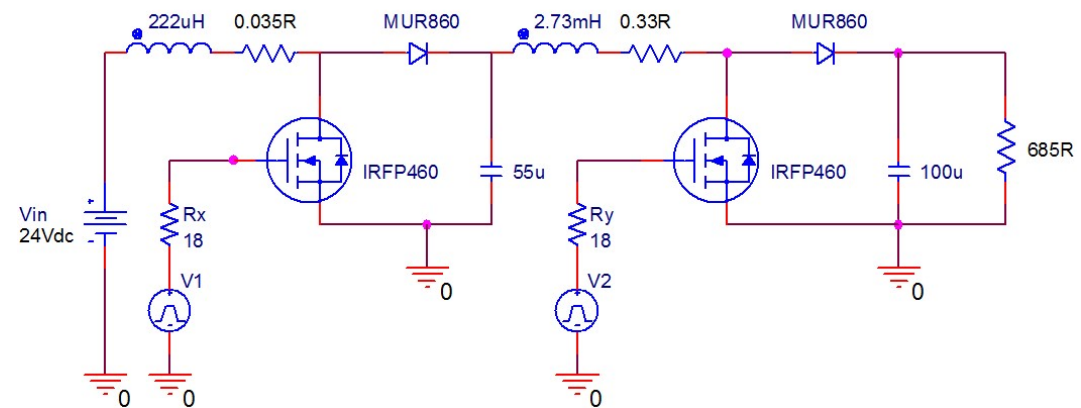
Seleção de componentes:

- Realizada tendo em vista os esforços a que serão expostos os componentes (tensão, corrente, etc.).

Os conversores Boost em cascata

Simulações:

- Tecnologia Spice;
- Modelo real dos componentes;
- Não idealidades.

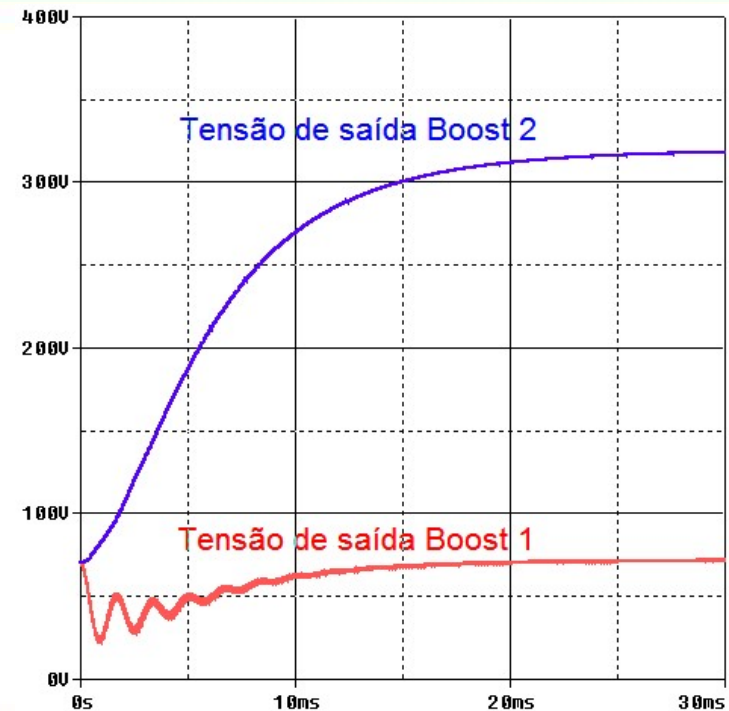


Instituto Federal de Santa Catarina

Os conversores Boost em cascata

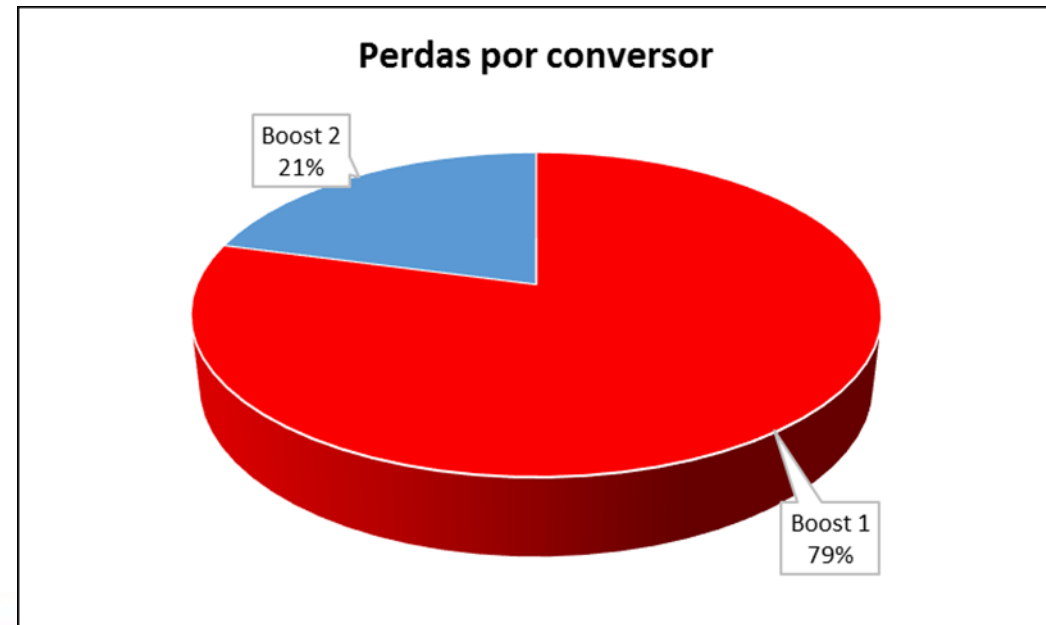
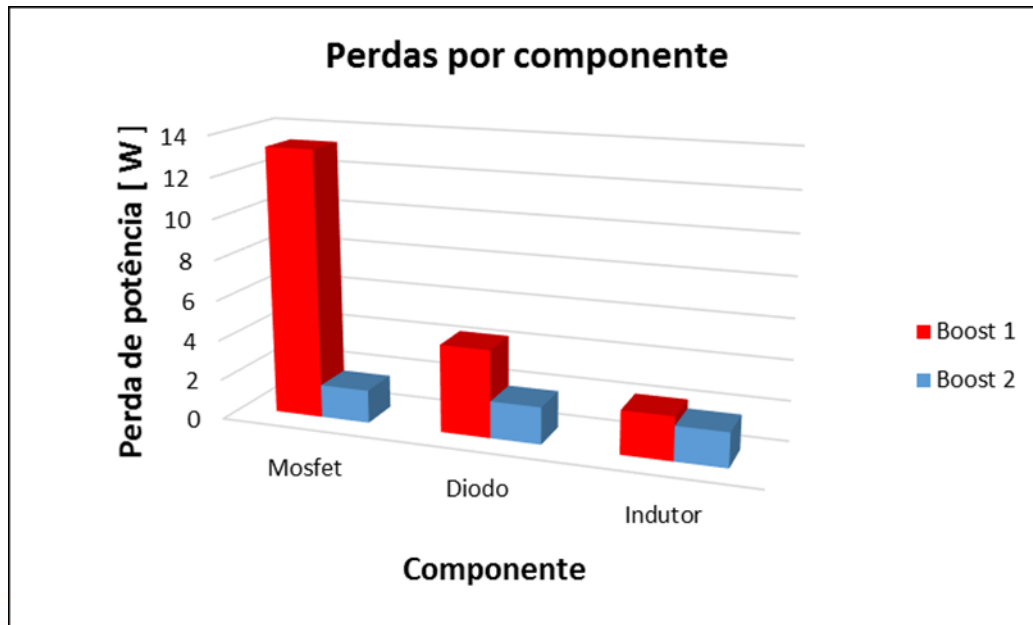
Simulações:

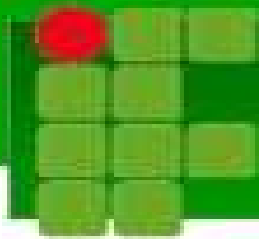
- Verificação do comportamento do conversor;
- Parâmetros de saída.



Os conversores Boost em cascata

Perdas no estágio de elevação:





O inversor

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina



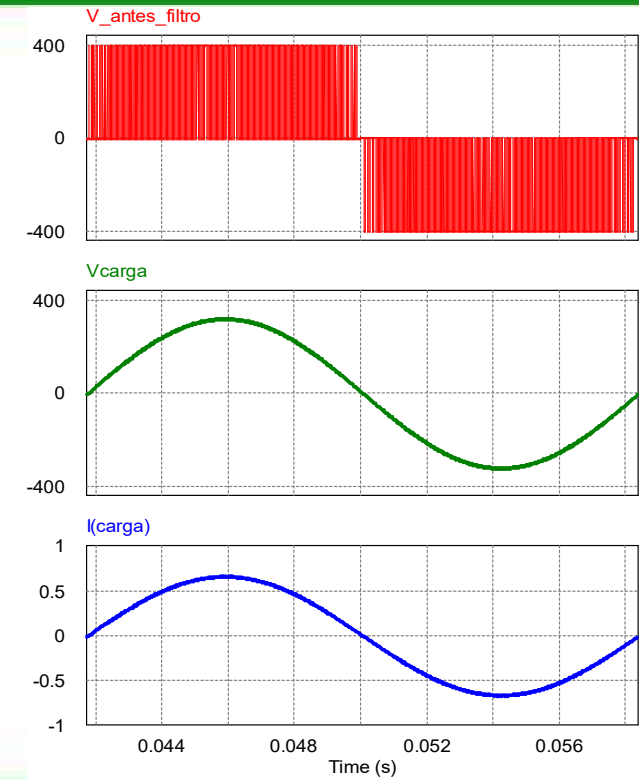
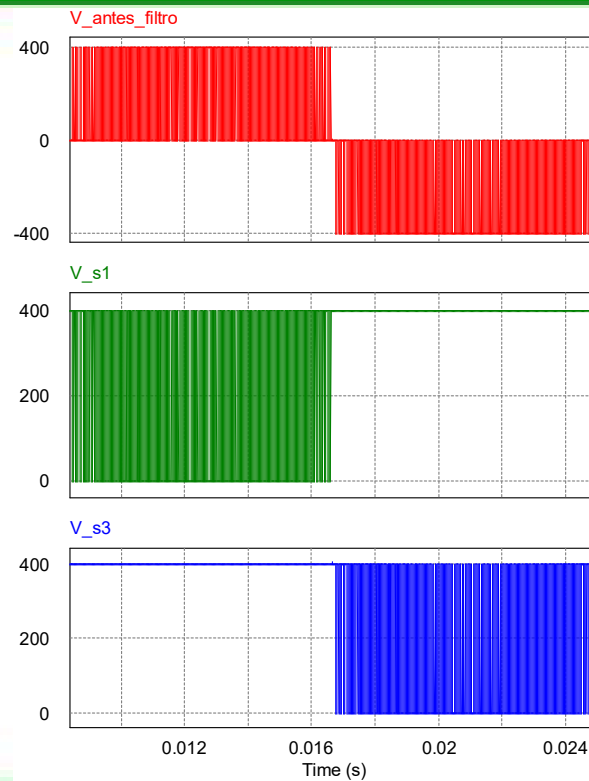
O inversor

Etapas de projeto:

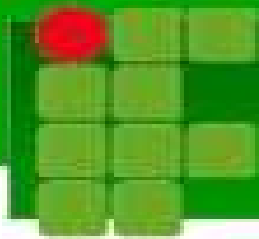
- Simulação da operação;
- Projeto do filtro de saída;
- Seleção de componentes;
- Cálculo das perdas.

O inversor

Simulação da operação:



Instituto Federal de Santa Catarina



O inversor

Projeto do filtro de saída:

- Frequência de corte ideal;
- Disponibilidade de componentes.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{40 \cdot 10^{-3} \cdot 110 \cdot 10^{-9}}} \approx 2400 \text{ Hz}$$

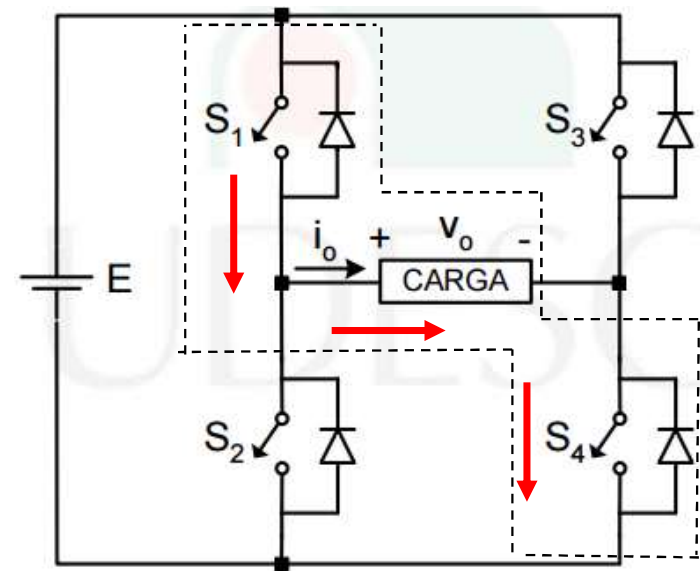
Seleção de componentes:

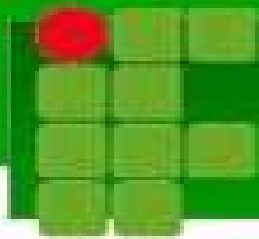
- Realizada tendo em vista os esforços a que serão expostos os componentes (tensão, corrente, etc.).

O inversor

Cálculo das perdas:

- Etapas de operação;
- Perdas nas chaves;
- Perdas no filtro de saída.





Resultados

Estudo de um conversor CC-CA para aplicação em sistemas de energia fotovoltaicos

Instituto Federal de Santa Catarina

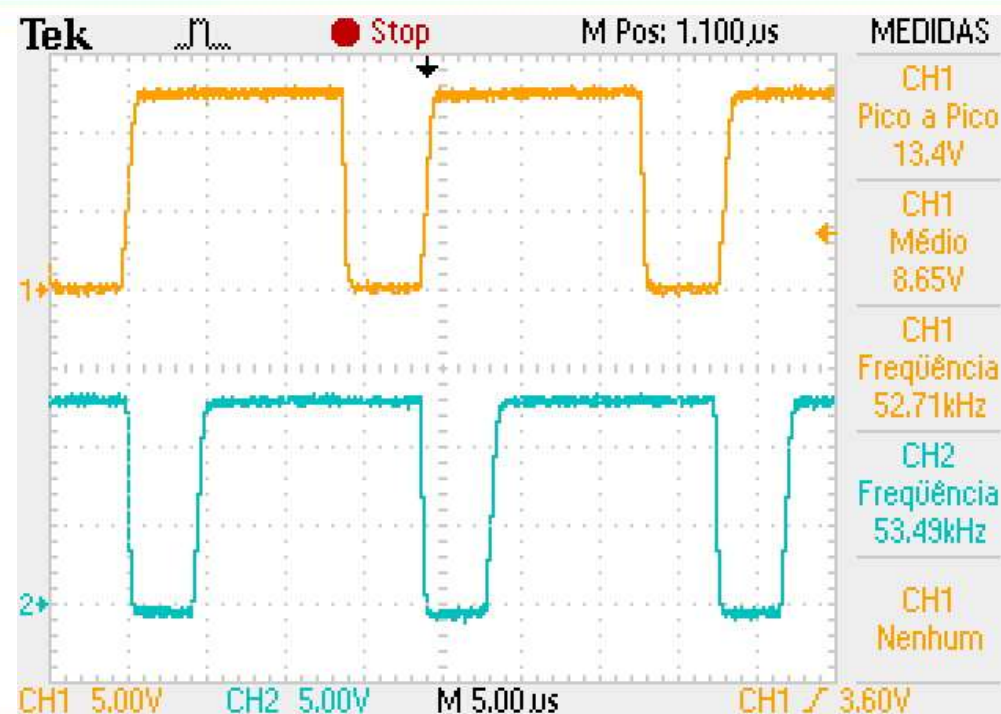


O inversor

Rendimento teórico do conversor:

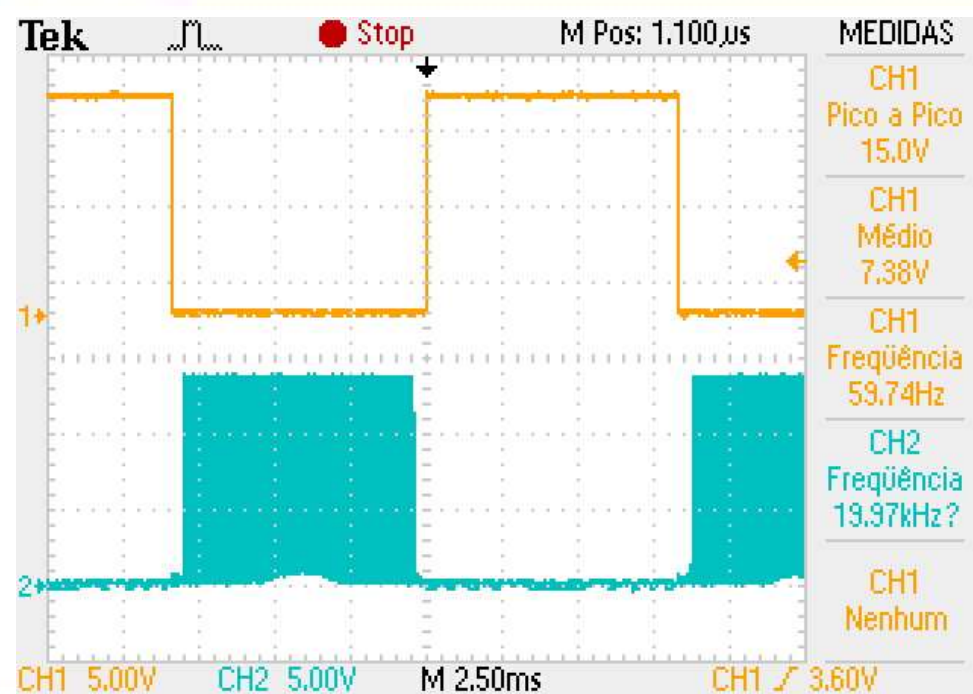
$$n_t = \frac{(V_{bateria} \cdot I_{sim_1}) - (P_{T_elev} + P_{total_inv} + P_{com})}{V_{bateria} \cdot I_{sim_1}} \cdot 100 = 83,9\%$$

Resultados experimentais



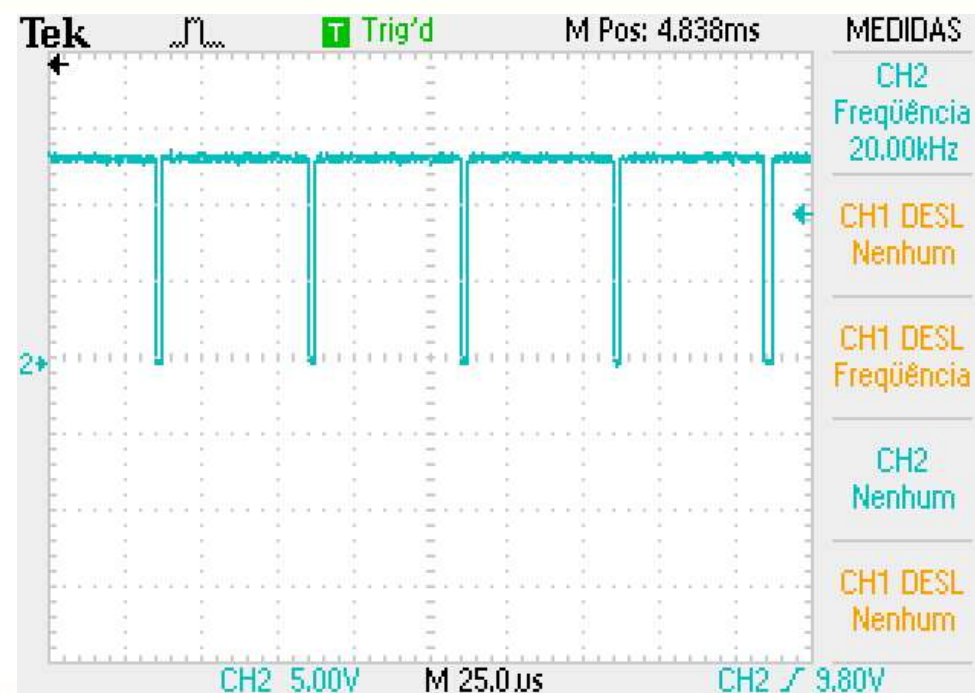
Instituto Federal de Santa Catarina

Resultados experimentais



Instituto Federal de Santa Catarina

Resultados experimentais



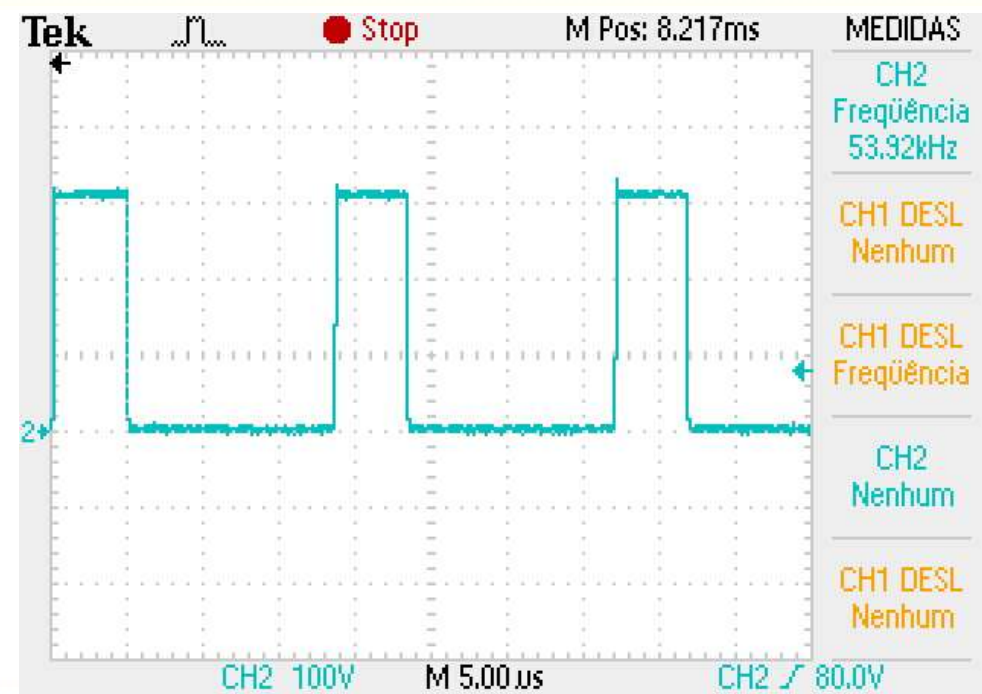
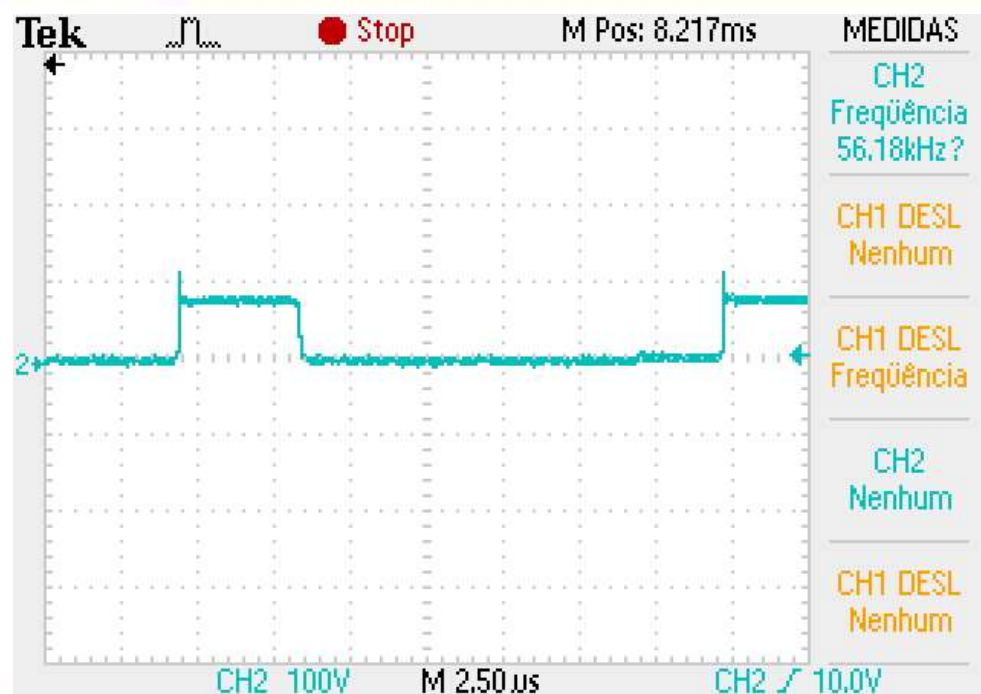
Instituto Federal de Santa Catarina

Resultados experimentais



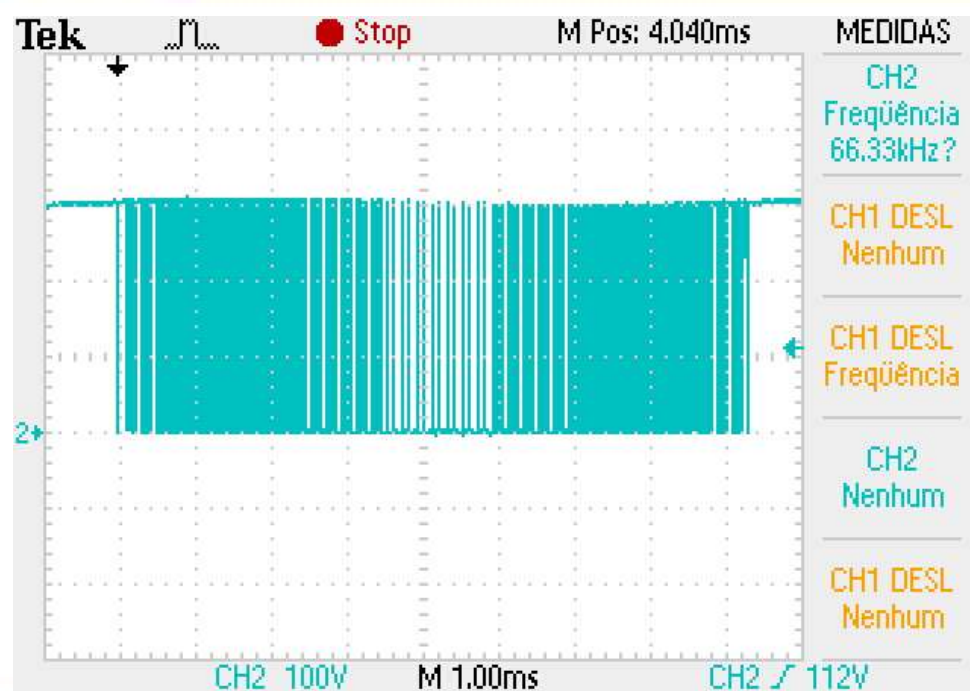
Instituto Federal de Santa Catarina

Resultados experimentais



Instituto Federal de Santa Catarina

Resultados experimentais



Instituto Federal de Santa Catarina

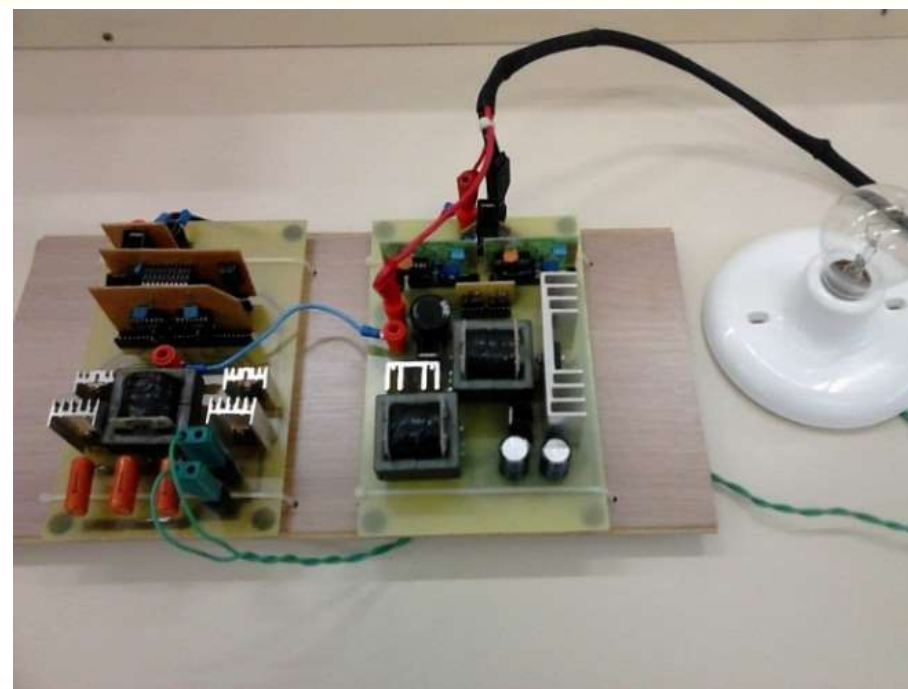
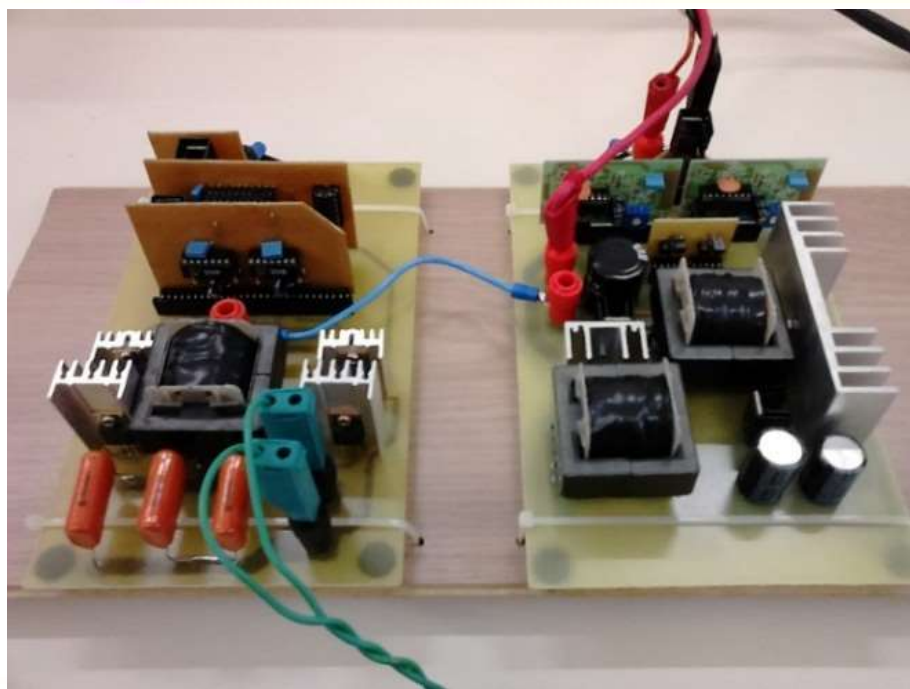


Resultados experimentais

- Rendimento experimental:

$$n_r = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \cdot 100 = \frac{V_{carga} \cdot I_{carga}}{V_{fonte} \cdot I_{fonte}} \cdot 100 = 82,4\%$$

Resultados experimentais



Instituto Federal de Santa Catarina



Trabalhos futuros

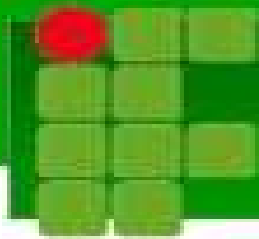
- Técnicas de controle para a estabilização da tensão de barramento;
- Sincronização da tensão de saída senoidal com a tensão da rede elétrica;
- Aplicação de uma técnica de controle ao inversor para permitir que este possa entregar energia a rede elétrica;
- Novo projeto de relações de ganho dos conversores para que se minimizem as perdas;
- Tornar o sistema de inversão trifásico, de forma a permitir a entrega de energia à rede elétrica de forma equilibrada em todas as fases.

Instituto Federal de Santa Catarina



Conclusão

- Objetivos de operação atendidos;
- Eficiência de 82%;
- Pouco eficiente para operações comerciais;
- Novos estudos de topologias;
- Metodologia de projeto mista entre dimensionamento e simulação;
- Condensado de referências bibliográficas;
- Replicação em trabalhos futuros.



Obrigado pela atenção!

Instituto Federal de Santa Catarina