

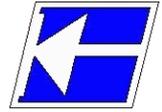
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

CURSO TÉCNICO INTEGRADO DE ELETRÔNICA

Eletrônica de Potência



GUIA DE ESTUDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -

CIRCUITOS INTEGRADOS PARA CONVERSORES ESTÁTICOS

Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, outubro de 2020.

CIRCUITOS INTEGRADOS PARA CONVERSORES ESTÁTICOS

Objetivo de Aprendizagem

Estudar os principais circuitos integrados para conversores estáticos.

Objetivos parciais

- Conhecer circuitos integrados para conversores estáticos;
- Identificar circuitos integrados para conversores estáticos;
- Aplicar circuitos integrados para conversores estáticos.

Capítulos e aulas relacionadas

Este objetivo de aprendizagem está relacionado ao capítulo 17 da apostila e com a aula 17 disciplina.

Pré-requisitos

Ter estudado e obtido êxito no Objetivo de Aprendizagem 08 – Operação de conversores em malha fechada.

Continuidade dos Estudos

Os principais objetivos de aprendizagem elencados para o Curso de Eletrônica de Potência encerram com este capítulo, restando os estudos correlatos a esta disciplina a serem feitos de maneira independente pelo estudante.

Roteiro para estudos

Os estudos referentes a este objetivo de aprendizagem consistem em:

1. Estudar este documento resumo, realizando as atividades propostas no mesmo;
2. Responder o quiz relacionado a este objetivo de aprendizagem;
3. Caso perceba necessidade, estudar a apresentação deste assunto ou ler os capítulos da apostila da disciplina;
4. Realizar os exercícios deste tópico da matéria;
5. Realizar a avaliação final para progredir ao próximo conteúdo.

Referências

- Material disponibilizado para a disciplina de Eletrônica de Potência I – 2020/1. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.
- Capítulos da apostila de eletrônica de potência, disponível em www.ProfessorPetry.com.br.

Check-list

Caro estudante, verifique se você completou as atividades deste objetivo de aprendizagem e obteve êxito para continuar seus estudos.

Assinale as atividades realizadas:

Estudo do documento resumo:

- Leitura do documento resumo;
- Exercícios do documento resumo;
- Atividade avaliativa do documento resumo.
- Obtive êxito e entendi o conteúdo deste documento;
- Ainda não entendi bem o conteúdo e estudarei o mesmo com mais profundidade.

Estou com dúvidas, irei estudar com mais detalhes este conteúdo:

- Assistir a apresentação relacionada ao conteúdo (apresentação 17);
- Ler os capítulos deste conteúdo na apostila (capítulo 17).

Ainda estou com dúvidas:

- Entrarei em contato com o professor.

Obtive êxito, então seguirei em frente:

- Responder ao quiz deste conteúdo no Moodle;
- Informar ao professor que estou avançando com o conteúdo.

Parabéns, continue estudando com afinco e vamos em frente!!

CONTEÚDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -
CIRCUITOS INTEGRADOS PARA CONVERSORES
ESTÁTICOS

1 Introdução

O conteúdo a ser estudado neste tópico da disciplina está relacionado aos conteúdos transversais do curso, isto é, aqueles conteúdos que são aplicados a todos os grupos de conversores estudados, sejam ca-cc, cc-cc, cc-ca ou ca-ca. Assim, o objetivo aqui será realizar uma introdução aos principais circuitos integrados para conversores estáticos.

1.1 Conteúdo – O que irei estudar

Estudaremos neste tópico:

- Circuitos integrados para conversores estáticos.

1.2 Metodologia – O que devo fazer e como fazer

Leia com atenção o conteúdo a seguir. Ao final deste tópico são apresentados exercícios resolvidos. Após são apresentados alguns exercícios propostos.

Ao realizar estas atividades e se sentir confiante para progredir, siga os passos indicados na primeira página deste documento.

Espera-se que após estudar este assunto, você consiga:

- Citar alguns exemplos de circuitos integrados para conversores estáticos;
- Descrever algumas funcionalidades dos circuitos integrados citados;
- Aplicar circuitos integrados para conversores estáticos.

A atividade avaliativa deste objetivo de aprendizagem consistirá em solicitar que o estudante cite alguns circuitos integrados utilizados na implementação de conversores estáticos.

Exemplo de atividade avaliativa:

1. Cite três circuitos integrados utilizados na implementação de conversores estáticos;
2. Comente sobre as principais funcionalidades dos circuitos integrados utilizados em fontes chaveadas;
3. Cite duas vantagens de se utilizar circuitos integrados para conversores estáticos;
4. Cite uma desvantagem de se utilizar circuitos integrados para implementar conversores estáticos.

2 Circuitos Integrados para Conversores Estáticos

2.1 Introdução

A eletrônica, de maneira geral, passou por grandes avanços com a invenção e implementação dos circuitos integrados (CIs), logo após a descoberta do transistor bipolar de junção. Assim, a intensificação no uso de equipamentos eletrônicos, inicialmente rádios e televisores, ocorreu de maneira consistente até os dias de hoje, onde diversos dispositivos e aparatos utilizam circuitos eletrônicos para diferentes funcionalidades.

Assim, também na área da eletrônica de potência, ocorreram avanços com o desenvolvimento de circuitos integrados específicos, denominados de circuitos integrados dedicados, principalmente na implementação de fontes chaveadas, já no século passado. Atualmente se encontram comercialmente circuitos integrados para auxiliar na implementação de conversores estáticos de diferentes fabricantes e com diferentes faixas de preço e funcionalidades.

Assim, neste capítulo serão apresentados alguns circuitos integrados, não se pretendendo aprofundar ou esgotar o assunto. Os circuitos integrados apresentados aqui podem ser aplicados aos quatro grupos de conversores estudados, que são os conversores ca-cc, cc-cc, cc-ca e ca-ca.

2.2 Vantagens no uso de circuitos integrados

Em síntese, algumas vantagens no uso de circuitos integrados são:

- Simplificação nos circuitos;
- Redução no espaço, peso e volume ocupados;
- Simplificação no projeto dos circuitos;
- Redução de custo do produto em desenvolvimento;
- Simplificação no desenho das placas de circuito impresso;
- Facilidade na manutenção dos circuitos;
- Aumento da confiabilidade dos circuitos;
- Diminuição de erros de montagem;
- Aumento de velocidade pela proximidade das conexões;
- Diminuição de perdas pela proximidade das conexões.

2.3 Desvantagens no uso de circuitos integrados

Entre as principais desvantagens de seu utilizar circuitos integrados se tem:

- Troca do componente inteiro, ao ocorrer dano em parte do circuito integrado;

- Necessidade de conhecimentos técnicos mais elaborados;
- Menor potência de dissipação;
- Manutenção mais complexa;
- Aumento de interferências eletromagnéticas pela proximidade das conexões.

2.1 Exemplo de aplicação de circuitos integrados

As Figura 1 e Figura 2 mostram exemplos de conversores cc-cc com circuitos integrados auxiliando na implementação do conversor Buck. Nestes casos percebe-se que são utilizados diversos componentes externamente ao circuito integrado, isto é, as funções desempenhadas pelos componentes integrados são restringidas a parte do circuito, normalmente os estágios de controle, comando, modulação, proteção e eventualmente o interruptor de potência. Em geral, é comum se utilizar externamente ao circuito integrado os elementos do filtro (capacitores e indutores), por exemplo.

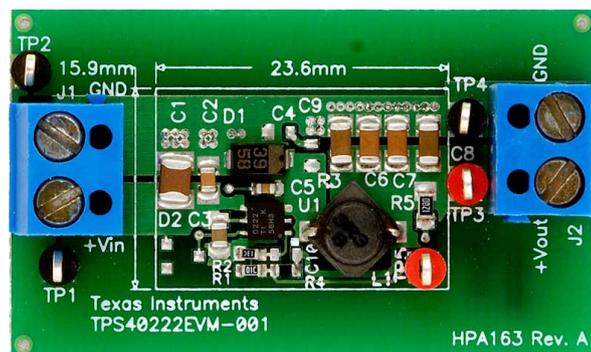


Figura 1 – Exemplo de conversor cc-cc Buck comercial.

Fonte: www.ti.com. Acesso em: 31/08/2014.



Figura 2 – Exemplo de conversor cc-cc Buck comercial.

Fonte: <https://www.filipeflop.com>. Acesso em: 07/10/2020.

3 Circuitos Integrados para Conversores CA-CC e CA-CA

3.1 Introdução

Os circuitos integrados para conversores ca-cc (retificadores) e ca-ca não são tão diversos como para conversores cc-cc. Assim, aqui serão apresentados alguns exemplos de componentes mais utilizados, não pretendendo-se fazer uma revisão de todas as possibilidades ou disponibilidades comerciais na atualidade, mas sim, introduzir o assunto e permitir que o leitor prossiga conforme seu interesse e necessidades técnicas futuras.

3.2 Circuitos retificadores

A associação de quatro diodos na forma de ponte retificadora pode ser considerado como uma integração de componentes, visto se ter mais que um elemento de circuito no mesmo encapsulamento. Assim, na Figura 3 se mostra um exemplo de ponte retificadora com quatro diodos de silício com capacidade para 10 A e 1000 V.

De maneira geral, se entende por circuito integrado o componente eletrônico que possui diversos componentes e funcionalidades de circuitos elétricos e eletrônicos integrados no mesmo encapsulamento (pastilha) e montados sobre o mesmo substrato semicondutor. Assim, a rigor, o encapsulamento integrado de semicondutores de potência poderia ou não caracterizar um circuito integrado. De todo modo, não se pretende aqui adentrar nesta seara, exemplificando-se os componentes apresentados como casos de integração que visam simplificar a montagem e otimizar o desenho de placas de circuito impresso, por exemplo.

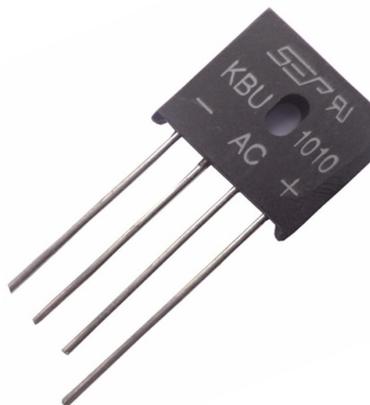


Figura 3 – Ponte retificadora com diodos de silício.

Fonte: <https://www.filipeflop.com>. Acesso em: 07/10/2020.



Figura 4 – Ponte retificadora trifásica.

Fonte: <https://www.semikron.com>. Acesso em: 07/10/2020.

3.1 TCA 785

O circuito integrado TCA 785 é utilizado para implementação de conversores ca-cc e ca-ca com controle por ângulo de fase. A Figura 5 mostra

As principais funcionalidades deste circuito integrado são:

- Realiza o acionamento de tiristores;
- Implementa o circuito de sincronismo;
- Possibilidade de utilizar em circuitos trifásicos;
- Corrente de saída de 250 mA;
- Ampla faixa de variação de temperatura;
- Tensão de alimentação até 18 V.

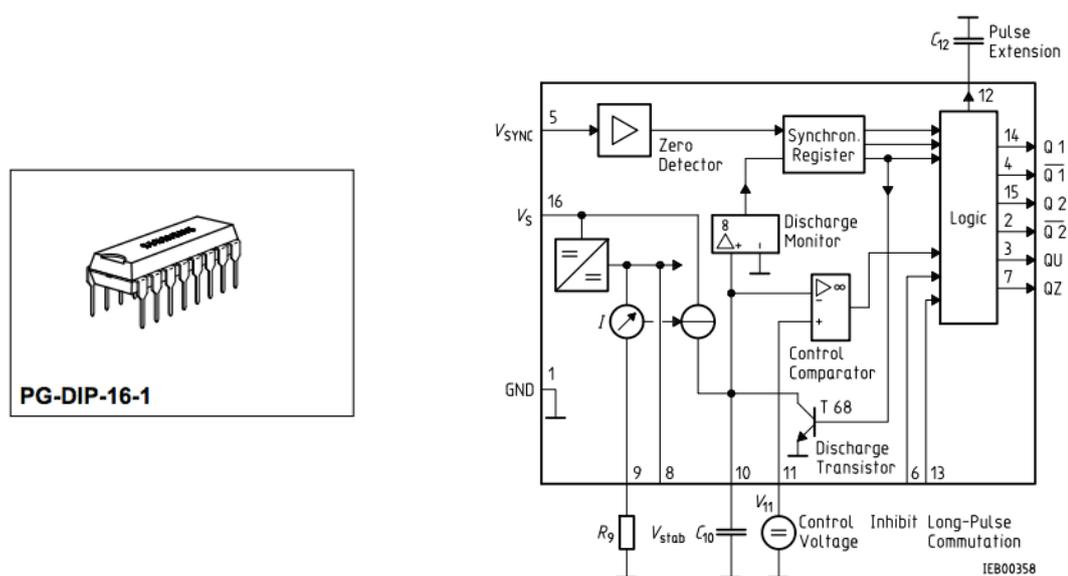


Figura 5 – Encapsulamento e diagrama de blocos do TCA 785.

Fonte: <http://www.farnell.com>. Acesso em: 07/10/2020.

3.2 MOC3010/FOD4118

O circuito integrado TCA 785 foi muito utilizado no século passado, na implementação de circuitos discretos e analógicos. Atualmente com o uso mais intenso de circuitos digitais, microcontrolados e/ou microprocessados, incorporando interface com o usuário, funcionalidades de comunicação, controle e comando, além de automação internet das coisas (IOT), se utilizam com frequência circuitos integrados baseados em optoacopladores específicos para acionamento de tiristores, por exemplo. Assim, os circuitos integrados da família MOC, no caso o MOC3010, conforme mostrado na Figura 6, pode fazer o acionamento de tiristores, sejam SCRs ou TRIACs. Na Figura 7 mostra-se um circuito exemplo com o circuito integrado da família FOD, que o fabricante sugere em substituição a família MOC, por exemplo.

As principais funcionalidades destes circuitos integrados são:

- Realiza o acionamento de tiristores;
- Isolação óptica;
- Acionamento na passagem por zero (*zero crossing*) ou não (*fase aleatória*);
- Tensão e operação de 250 ou 400 V;
- Simplicidade de uso.

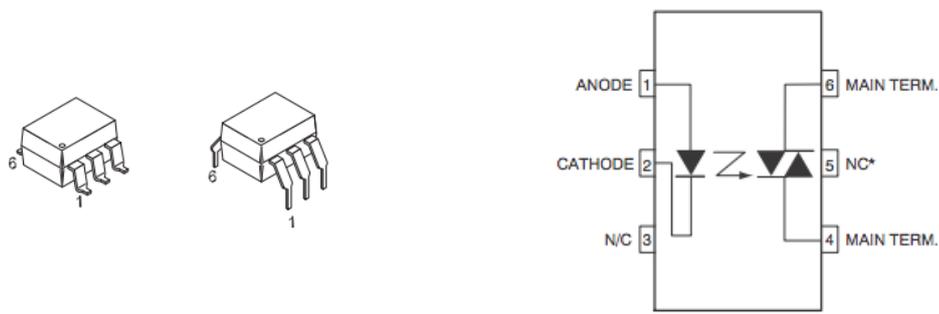


Figura 6 – Encapsulamento e diagrama de blocos do MOC3010.

Fonte: <https://www.onsemi.com>. Acesso em: 07/10/2020.

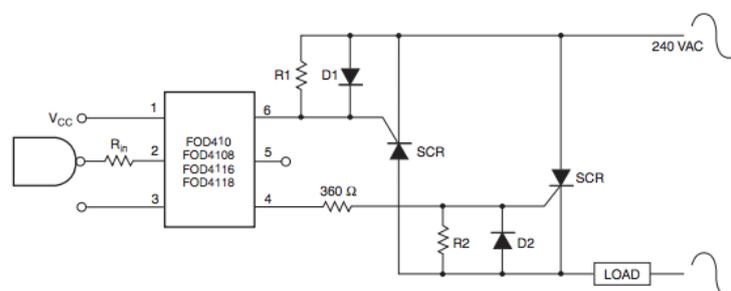


Figura 7 – Exemplo de circuito com FOD4118.

Fonte: <https://www.onsemi.com>. Acesso em: 07/10/2020.

4 Circuitos Integrados para Conversores CC-CC

4.1 Introdução

Os circuitos integrados para conversores cc-cc são diversos e existem diferentes modelos disponíveis no mercado. Estes circuitos integrados tiveram grande desenvolvimento no século passado a partir de circuitos dedicados para fontes chaveadas e para conversores cc-cc para as aplicações relacionadas com a corrida espacial.

Apresentaremos a seguir alguns modelos, dentre as inúmeras possibilidades e configurações possíveis atualmente.

4.2 SG2524/SG3524

O SG1524 foi o primeiro circuito integrado com modulação por largura de pulsos (PWM) para conversores cc-cc. Atualmente a Texas Instruments produz o SG2524 e o SG3524, evoluções daquela primeira versão dos anos 70.

Estes circuitos integrados ainda são produzidos devido a sua versatilidade e facilidade de uso, podendo serem utilizados em conversores cc-cc isolados ou não, em ampla faixa de frequências de operação e tensão de alimentação. O diagrama de blocos deste circuito integrado é mostrado na Figura 8.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de alimentação: 8 a 40 V;
- Frequência de operação: até 450 kHz;
- Razão cíclica: 45% em cada saída;
- Comparador para proteção de sobrecorrente;
- Possibilidade de operação em malha aberta e em malha fechada;
- Partida suave.

4.3 UC3525A/UC3527A

Os circuitos integrados UC1525A, UC1527A, UC2525A, UC2527A, UC3525A, e UC3527A são versões de melhor desempenho do que o SG3524, além de permitirem conexões diferentes em suas saídas, conforme mostrado na Figura 9. Possuem também conexões para sincronização, caso sejam utilizados diversos componentes em um mesmo conversor.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de alimentação: 8 a 40 V;

- Frequência de operação: 100 a 450 kHz;
- Razão cíclica: 45% em cada saída;
- Sinais de comando: com sobreposição de sinais no UC3527;
- Comparador para proteção de sobrecorrente;
- Possibilidade de operação em malha aberta e em malha fechada;
- Partida suave.

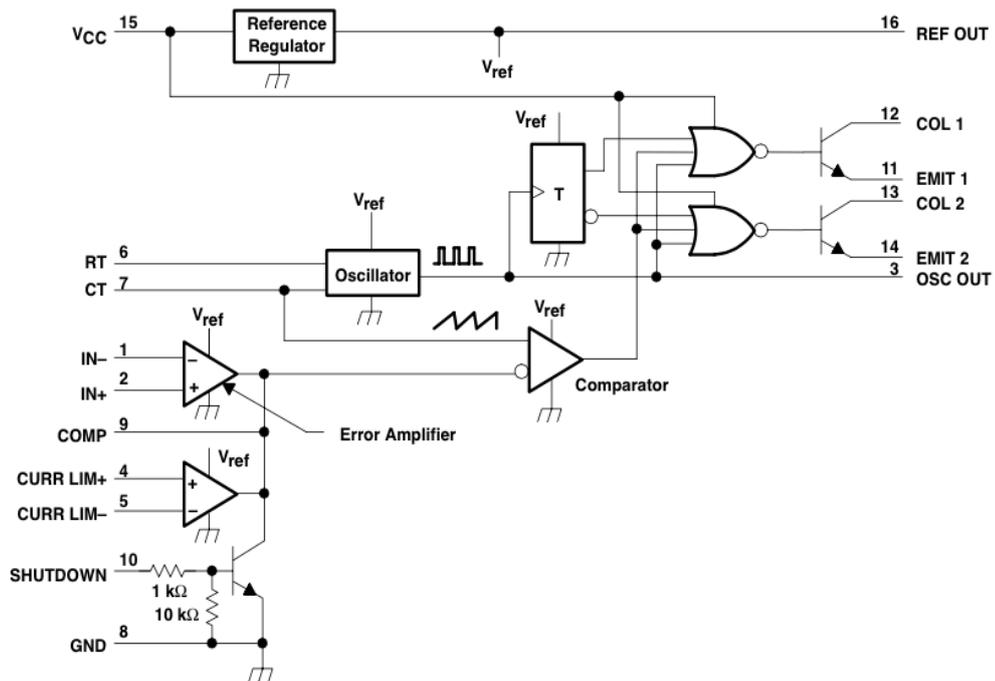


Figura 8 – Diagrama de blocos do SG2524/SG3524.

Fonte: www.ti.com. Acesso em: 25/11/2014.

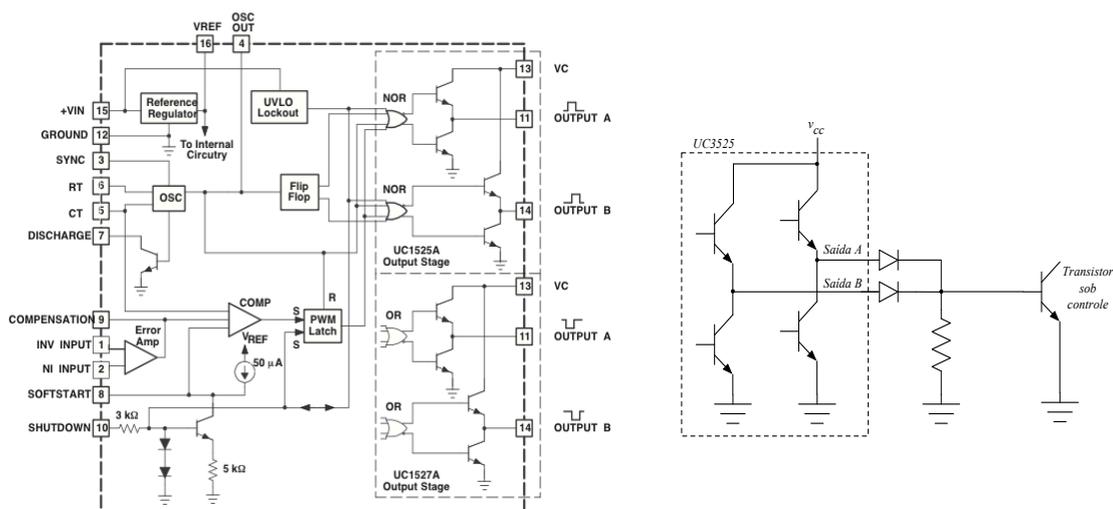


Figura 9 – Diagrama de blocos e conexão das saídas do UC3525A/UC3527A.

Fonte: www.ti.com. Acesso em: 25/11/2014.

4.4 FSQ500L

A série de circuitos integrados FSQ500 da Fairchild Semiconductor foi desenvolvida para aplicações em fontes chaveadas, visto estes componentes serem para tensões altas e baixas correntes. No entanto, os mesmos podem ser utilizados em qualquer aplicação, bastando se projetar o circuito de acordo com as especificações do componente. Este circuito integrado é mostrado na Figura 10 e na Figura 11 se mostra um exemplo de fonte chaveada com o FSQ500L, isolada, com tensão de saída de 5 V e corrente de 400 mA, com potência da ordem de 2 W.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de alimentação: menor que 10 V;
- Frequência de operação: 130 kHz;
- Transistor de potência, do tipo MOSFET integrado;
- Tensão do MOSFET: 700 V;
- Resistência do MOSFET: 25 a 41 Ω ;
- Proteção de corrente;
- Proteção de temperatura.

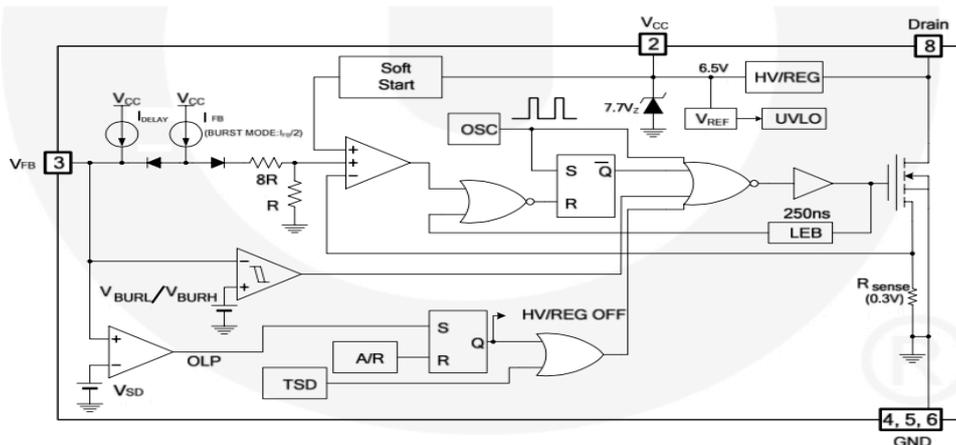


Figura 10 – Diagrama de blocos do FSQ500L.

Fonte: www.fairchildsemi.com. Acesso em: 25/11/2014.

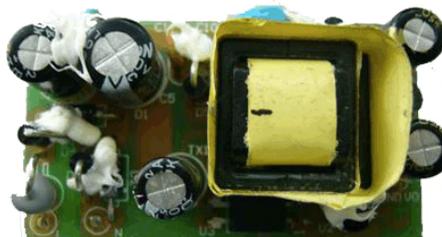


Figura 11 – Exemplo de fonte chaveada com o FSQ500L.

Fonte: www.fairchildsemi.com. Acesso em: 07/10/2020.

4.5 VIPER22A

A exemplo da série de circuitos integrados FSQ500 da Fairchild Semiconductor, o integrado VIPER22A da ST também foi desenvolvido para aplicações em fontes chaveadas. Este componente possui funcionalidades semelhantes ao FSQ500N. Este circuito integrado é mostrado na Figura 12 e na Figura 13 se mostra um exemplo de fonte chaveada não-isolada de 1,44 W, com tensão de entrada universal de 85 a 265 V e saída com 12 V e 120 mA.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de alimentação: 9 até 38 V;
- Frequência de operação: 60 kHz;
- Transistor de potência, do tipo MOSFET integrado;
- Tensão do MOSFET: 730 V;
- Resistência do MOSFET: 15 a 31 Ω ;
- Proteção de corrente;
- Proteção de temperatura.

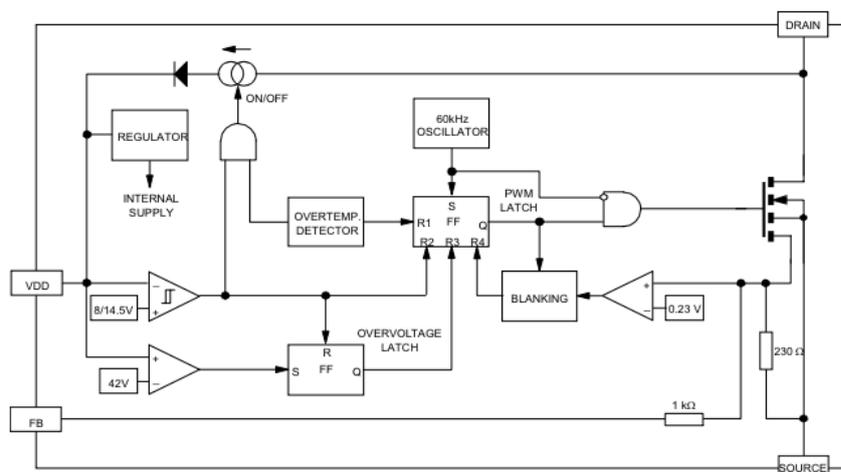


Figura 12 – Diagrama de blocos do VIPER22A.

Fonte: www.st.com. Acesso em: 25/11/2014.



Figura 13 – Exemplo de fonte chaveada não-isolada com o VIPER22A.

Fonte: www.st.com. Acesso em: 07/10/2020.

4.6 LM2575

O circuito integrado LM2575, inicialmente desenvolvido e produzido pela National Semiconductor, agora Texas Instruments, é um regulador chaveado, facilmente utilizado em circuitos reguladores de tensão, semelhantes aos lineares, da família LM78xx.

Por ser um componente simples de utilizar, dispensando um projeto complexo, o mesmo é amplamente utilizado para a construção de conversores cc-cc, normalmente abaixadores de tensão, conforme mostrado na Figura 14. Por sua vez, o circuito integrado LM2577 é utilizado para a implementação de conversores cc-cc elevadores de tensão.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de operação: até 40 V na versão padrão e 60 V na versão HV;
- Frequência de operação: 52 kHz;
- Transistor de potência integrado;
- Versões com tensão fixa de 3,3, 5, 12 e 15 V e com tensão ajustável de saída;
- Corrente de saída de 1 A;
- Proteção de corrente;
- Proteção de temperatura.

Exemplos de conversores cc-cc implementados com os circuitos integrados LM2575 e LM2577 são mostrados nas Figura 15 e Figura 16, para conversores Buck (abaixador) e Boost (elevador), respectivamente.

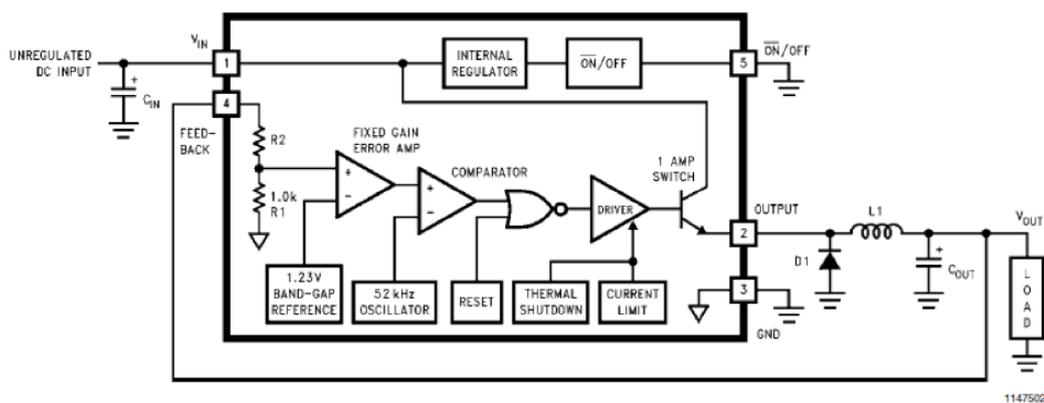


Figura 14 – Diagrama de blocos do LM2575.

Fonte: www.st.com. Acesso em: 25/11/2014.



Figura 15 – Exemplo de conversor cc-cc abaixador com o LM2575.

Fonte: www.ebay.com. Acesso em: 25/11/2014.



Figura 16 – Exemplo de conversor cc-cc elevador com o LM2577.

Fonte: www.prodctodc.com. Acesso em: 25/11/2014.

5 Circuitos Integrados para Conversores CC-CA

5.1 Introdução

Os circuitos integrados para conversores cc-ca (inversores) são comuns tanto na parte de acionamento dos interruptores (*drivers* de acionamento) como nos módulos dos semicondutores também, incluindo aí os conversores monofásicos e trifásicos.

Apresentaremos a seguir alguns exemplos visando introduzir o assunto e mostrar o potencial uso destes componentes.

5.2 L293

O circuito integrado L293 é muito utilizado no acionamento de motores de corrente contínua, motores de passo e outras aplicações de eletrônica. Além disso, o mesmo pode ser utilizado para implementação de inversores, conforme mostrado na Figura 17.

Estes circuitos integrados é conhecido e utilizado na implementação de circuitos de

acionamento de motores cc, na configuração ponte completa, conhecido comumente como ponte H, como está mostrado no exemplo de aplicação da Figura 18.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de alimentação: 4,6 a 36 V;
- Possui dois circuitos ponte completa internamente;
- Corrente de saída de 1 A ou 2 A por canal;
- Diodos de roda-livre no modelo L293D;
- Fontes separadas para lógica e para potência.

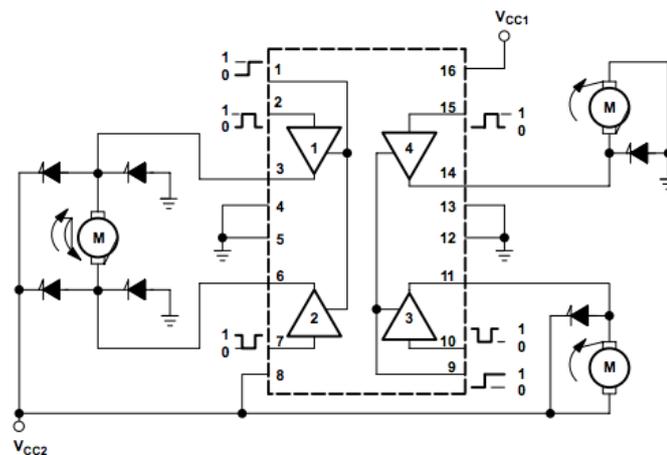


Figura 17 – Diagrama de blocos do L293.

Fonte: www.ti.com. Acesso em: 07/10/2020.



Figura 18 – Exemplo de conversor com o L293.

Fonte: <https://www.curtocircuito.com.br>. Acesso em: 03/06/2020.

5.3 IR2110

O circuito integrado IR2110 é utilizado para acionamento de interruptores em inversores de tensão e corrente, tendo entradas independentes para cada interruptor, conforme mostrado no diagrama de blocos da Figura 19 e circuito típico da Figura 20.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de operação de 500 ou 600 V (modelo IR2113);
- Corrente de saída de 2 A;
- Tensão de saída entre 10 e 20 V;
- Tempo para ligar e desligar o sinal da ordem de 120 e 94 ns.

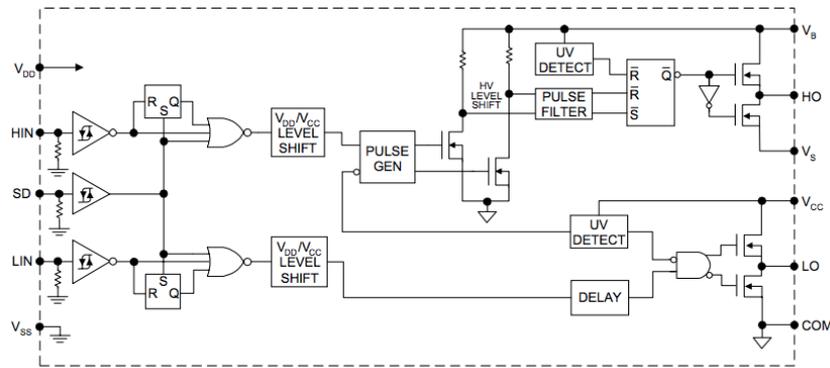


Figura 19 – Diagrama de blocos do IR2110.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em: 07/10/2020.

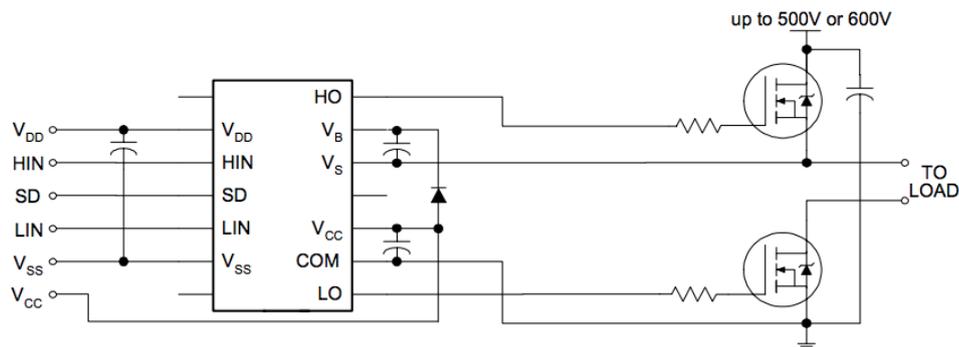


Figura 20 – Circuito típico de inversor com o IR2110.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em: 07/10/2020.

5.4 IR2111

O circuito integrado IR2111, do mesmo modo que o IR2110, também é utilizado para o acionamento de interruptores em inversores de tensão e corrente, tendo apenas uma entrada, conforme mostrado no diagrama de blocos da Figura 21 e circuito típico da Figura 22.

As principais características deste circuito integrado são:

- Tensão de operação de 600 V;
- Corrente de saída de 200 ou 420 mA;
- Tensão de saída entre 10 e 20 V;
- Tempo morto típico de 650 ns.

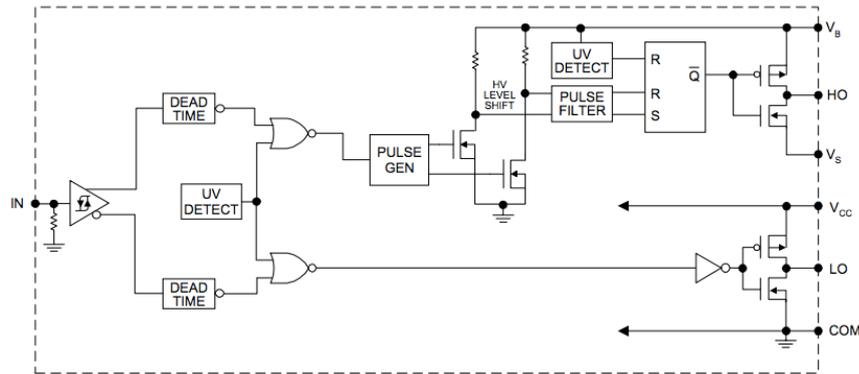


Figura 21 – Diagrama de blocos do IR2111.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em: 07/10/2020.

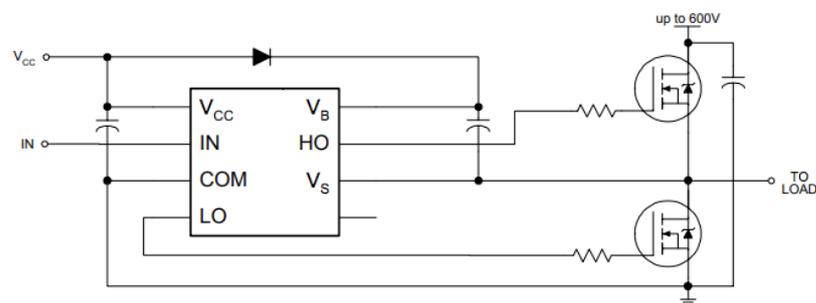


Figura 22 – Circuito típico de inversor com o IR2111.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em: 07/10/2020.

5.5 IRS26310DJ

O circuito integrado IRS26310DJ é um *driver* de acionamento de inversores trifásicos, podendo prover o comando de seis interruptores simultaneamente, conforme mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, sendo um componente utilizado na linha branca, por exemplo, na implementação de inversores para máquinas de lavar roupa.

As principais características deste circuito integrado são:

- Trifásico
- Tensão de operação de 600 V;
- Corrente de saída de 200 ou 350 mA;
- Tensão de saída entre 12 e 20 V;
- Tempo morto típico de 290 ns;
- Entrada lógica de 3,3 V;
- Proteção de sobretensão;
- Proteção de sobrecorrente;
- Acionamento de MOSFET ou IGBT.

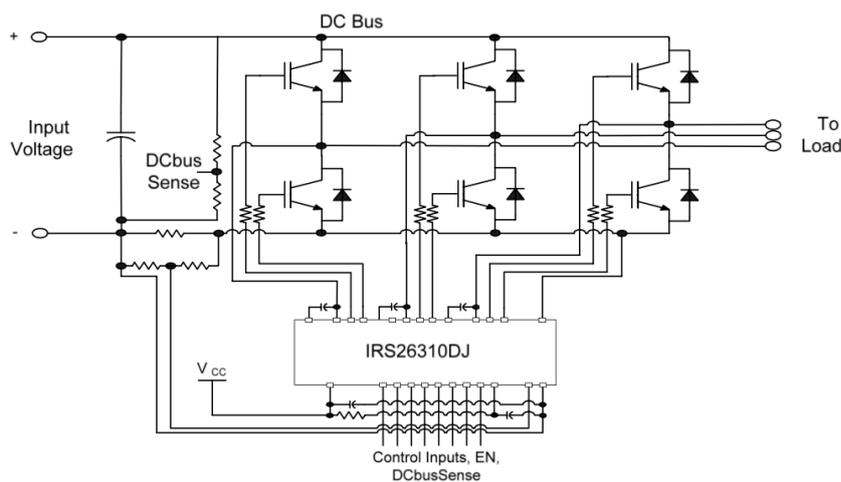


Figura 23 – Diagrama de blocos do IRS26310DJ.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em: 07/10/2020.

6 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01. Cite duas vantagens de se utilizar circuitos integrados em eletrônica.

Dentre as vantagens de se utilizar circuitos integrados em eletrônica se tem: simplificação dos circuitos, redução de tamanho e peso.

ER 02. Cite duas desvantagens de se utilizar circuitos integrados em eletrônica.

Necessidade de conhecimentos técnicos e descarte do componente inteiro caso danifique parte do mesmo.

ER 03. Cite um circuito integrado utilizado em conversores ca-cc e ca-ca.

MOC3011.

ER 04. Cite dois circuitos integrados utilizados em conversores cc-cc.

SG3524 e LM2575.

ER 05. Cite dois circuitos integrados utilizados em inversores de tensão.

IR2110 e IR2111.

Exercícios Propostos

EP 01. Comente sobre as vantagens e desvantagens de se utilizar circuitos integrados em eletrônica.

EP 02. Cite duas características do circuito integrado LM2575.

EP 03. O circuito integrado FSQ500L é utilizado na implementação de qual grupo de conversores?

EP 04. Cite dois circuitos integrados utilizados em conversores cc-ca.

EP 05. Cite um circuito integrado utilizado em conversores ca-ca.

7 Atividade Avaliativa

7.1 Introdução – O que preciso saber

Ao final deste objetivo de aprendizagem são apresentadas cinco questões, que devem ser respondidas sem consultar o material. Se você conseguir responder as questões e conferir as respostas com o gabarito abaixo, parabéns, você concluiu com êxito este tópico. Caso tenha errado alguma questão, revise o conteúdo relacionado com a mesma e refaça a questão, procurando se concentrar mais desta vez, para acertar a mesma e fixar bem o conteúdo.

AA 01. Comente sobre a utilização de circuitos integrados em termos de layout de placas de circuito impresso.

AA 02. Cite dois circuitos integrados utilizados em conversores cc-cc.

AA 03. Cite duas características do circuito integrado L293.

AA 04. Cite um circuito integrado utilizado como *driver* de acionamento de interruptores em conversores cc-ca.

AA 05. Cite um circuito integrado utilizado em conversores ca-cc e ca-ca no acionamento de tiristores.

AA 01. As placas de circuito impresso ficam mais simples com a utilização de circuitos integrados.
AA 02. FSQ500L e VIPER22A.
AA 03. Possui duas pontes H em seu interior e opera com tensão de alimentação até 36 V.
AA 04. IR2111.
AA 05. MOC3011.