

17

Capítulo

Conversores CC-CC Integrados

Meta deste capítulo

Estudar o princípio de funcionamento dos conversores cc-cc integrados.

objetivos

- Entender o funcionamento dos conversores cc-cc integrados;
- Analisar conversores cc-cc básicos integrados;
- Simular conversores cc-cc básicos integrados;
- Implementar conversores cc-cc básicos integrados.

Pré-requisitos

Ter estudado o capítulo referente ao princípio de funcionamento dos conversores cc-cc Buck, Boost e Buck-Boost.

Continuidade

O curso continuará com o estudo dos conversores operando em malha fechada.

1 Introdução

Nos capítulos anteriores foram estudados os conversores cc-cc Buck, Boost e Buck-Boost. Aqueles conversores não possuíam transformador, ou seja, não eram isolados. Neste capítulo serão apresentados alguns circuitos integrados utilizados para o desenvolvimento de conversores cc-cc.

Os circuitos integrados para conversores cc-cc foram desenvolvidos no século passado, mais especificamente nos anos 70 e 80 [1]. O primeiro circuito integrado desenhado especificamente para conversores chaveados foi o SG1524, feito realizado pelo Engenheiro Bob Mammano, na época pela empresa Silicon General [1]. Uma imagem deste circuito integrado é mostrada na Figura 1.

Na Figura 2 mostra-se o diagrama de blocos do circuito integrado SG1524. Após o lançamento de outros modelos deste circuito integrado, foram desenvolvidos os circuitos para controle dos conversores no modo corrente, sendo o UC1846 da Unitrode, hoje Texas Instruments. O diagrama de blocos deste componente é mostrado na Figura 3.

Em [1] é contada resumidamente a história dos circuitos primeiros circuitos integrados dedicados para conversores chaveados, seja cc-cc, como ca-cc e cc-ca. Atualmente existem inúmeros modelos de circuitos para conversores, especialmente para fontes chaveadas, para acionamento de motores, para correção de fator de potência, iluminação, dentre outras aplicações.

Assim, neste capítulo serão apresentados alguns circuitos integrados tipicamente utilizados para implementação de conversores cc-cc, detalhando-se o funcionamento do CI LM2575 da National Semiconductor, atualmente Texas Instruments.

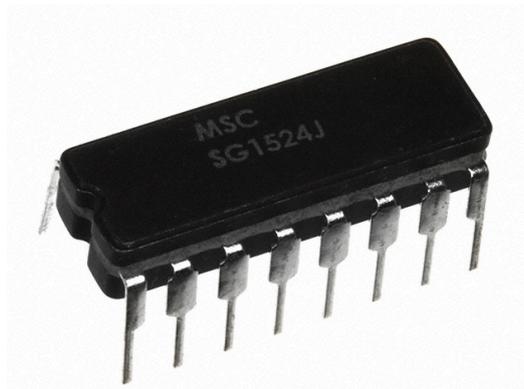


Figura 1 – Imagem do SG1524.

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

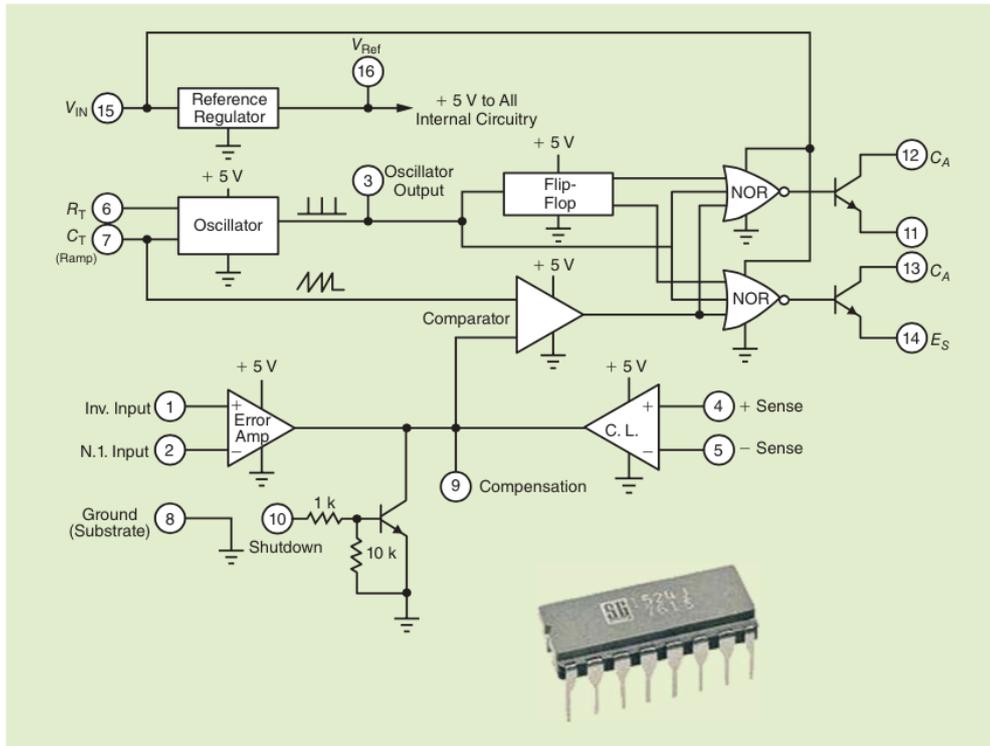


Figura 2 – Diagrama de blocos do SG1524 [1].

Fonte: www.ieee.org. Acesso em: 25/11/2014.

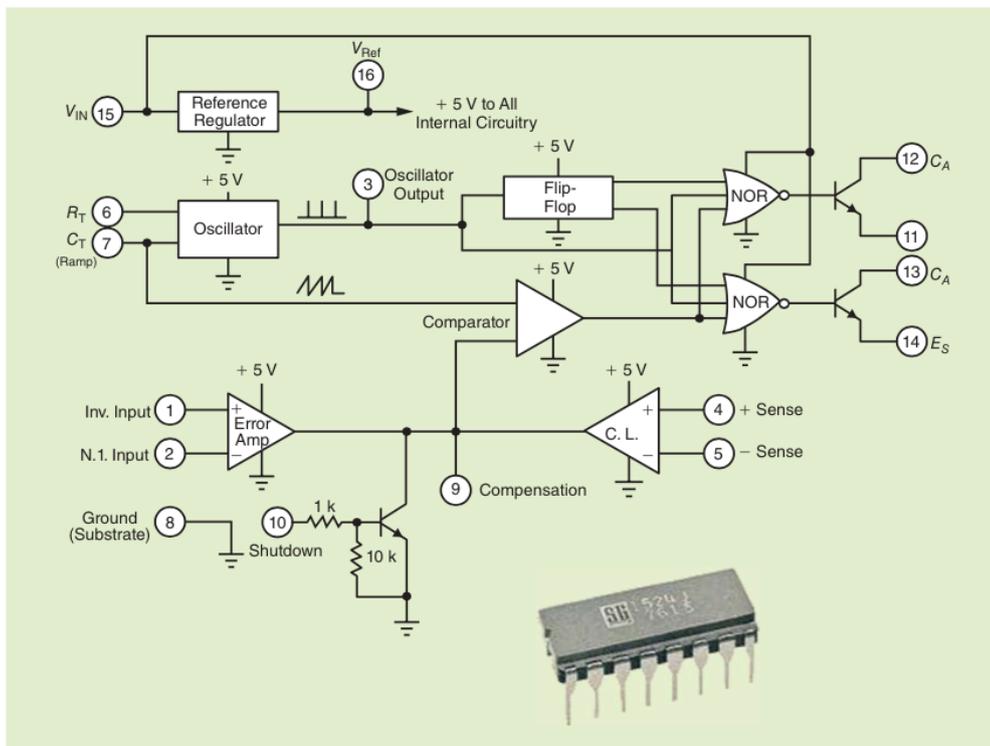


Figura 3 – Diagrama de blocos do UC1846 [1].

Fonte: www.ieee.org. Acesso em: 25/11/2014.

2 Circuito Integrado SG2524/SG3524

2.1 Introdução

O primeiro circuito integrado com modulação por largura de pulsos (PWM) para conversores cc-cc foi o SG1524. 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.

2.2 Principais Características do SG2524/SG3524

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- 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.

2.3 Diagrama de Blocos do SG2524/SG3524

O diagrama de blocos do SG2524/SG3524 é mostrado na Figura 4. Nota-se que este circuito integrado apresenta um bloco de regulação interna de tensão, gerando uma tensão estabilizada no terminal 16. Possui a secção de conexão do resistor e capacitor para se determinar a frequência de oscilação, nos terminais 6 e 7. A partida suave é realizada pelo terminal 10, que também pode ser utilizado para habilitar e desabilitar as saídas. A limitação de corrente é realizada pelos terminais 4 e 5 do comparador, enquanto a operação em malha aberta e fechada é realizada pelos terminais 1, 2 e 9. As saídas são do tipo coletor e emissor aberto, tomadas nos terminais 11 e 12 e 13 e 14.

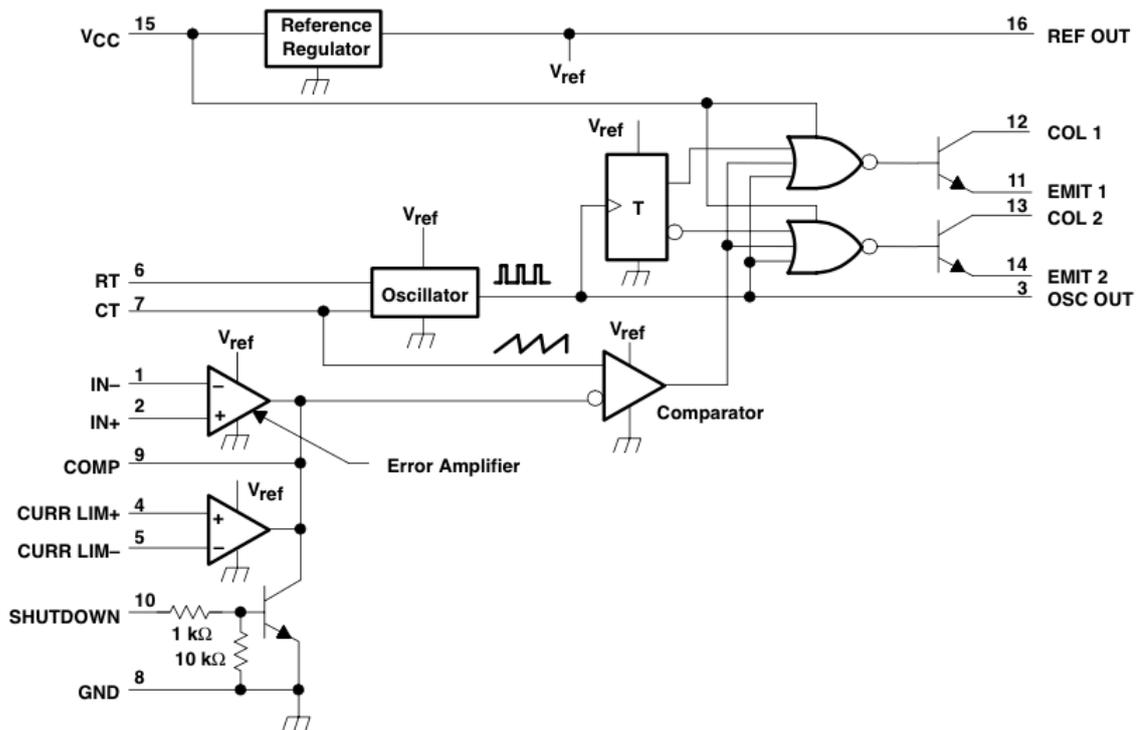


Figura 4 – Diagrama de blocos do SG2524/SG3524.

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

2.4 Detalhes de Operação do SG2524/SG3524

Em muitas aplicações, principalmente em fontes chaveadas, se opera o conversor com razão cíclica entre 0 e 50%. Assim, pode-se utilizar as duas saídas para se comandar chaves diferentes, com razão cíclica complementar, como no caso do conversor cc-cc Push-Pull, como está mostrado na Figura 5.

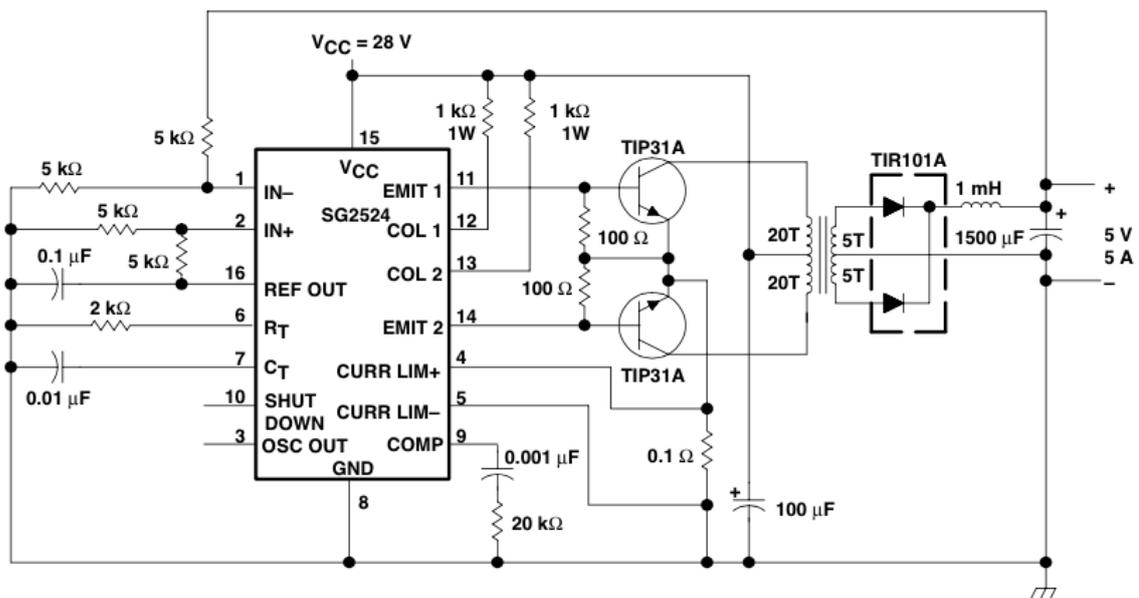


Figura 5 – Conversor Push-Pull implementado com o SG2524.

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

Em outros casos, pode ser necessário ajustar a razão cíclica de 0 até 100%. Neste caso pode-se conectar as duas saídas do CI em paralelo, como está mostrado na Figura 6.

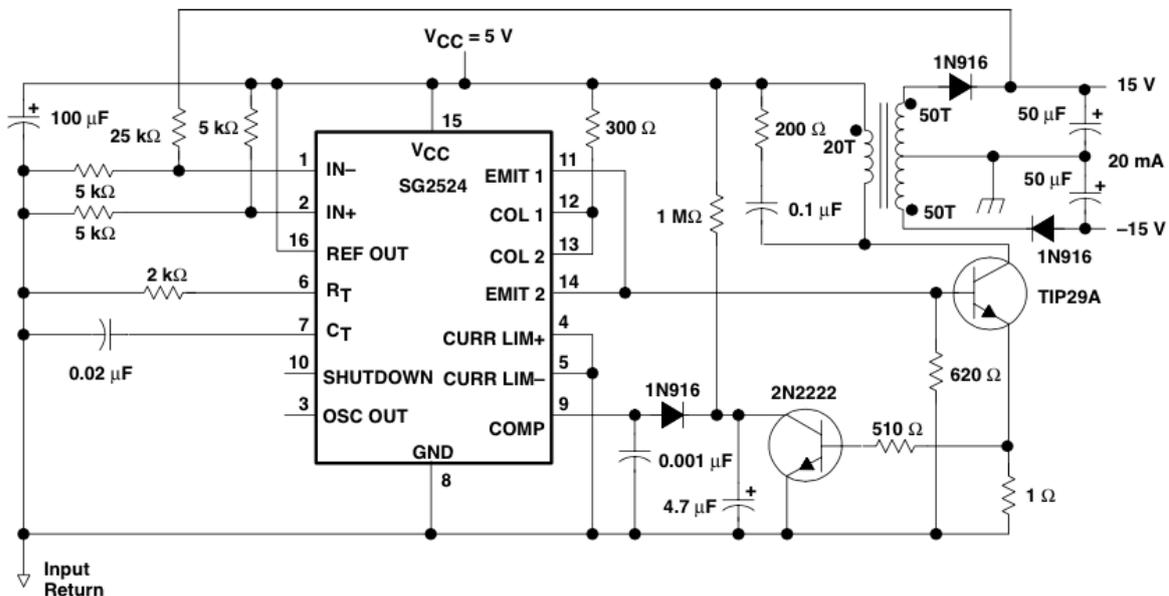


Figura 6 – Conexão das saídas do SG2524 em paralelo.

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

3 Circuito Integrado UC3527

3.1 Introdução

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. Possuem também conexões para sincronização, caso sejam utilizados diversos componentes em um mesmo conversor.

3.2 Principais Características do UC3525A/UC3527A

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- 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.

3.3 Diagrama de Blocos do UC3525A/UC3527A

O diagrama de blocos do UC3525A/UC3527A é mostrado na Figura 7. Nota-se que este circuito integrado é semelhante ao SG3524, mas possui um terminal para descarga do capacitor do oscilador (7) e um terminal de sincronismo deste oscilador (3). Por sua vez, as saídas são com dois transistores, um para gerar o nível alto e outro para gerar o nível baixo. Deste modo, estas saídas não podem ser conectadas diretamente em paralelo, como foi feito na Figura 8. Para tal deve-se utilizar diodos de bloqueio em cada uma, como mostrado na Figura 8.

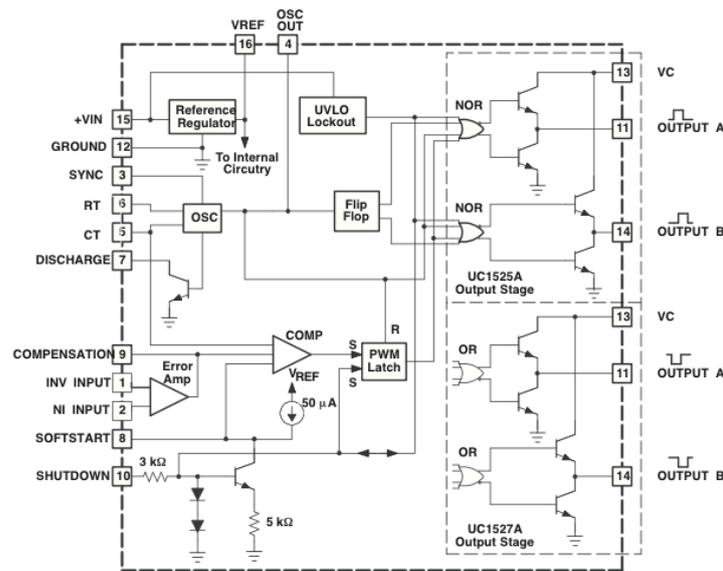


Figura 7 – Diagrama de blocos do UC3525A/UC3527A.

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

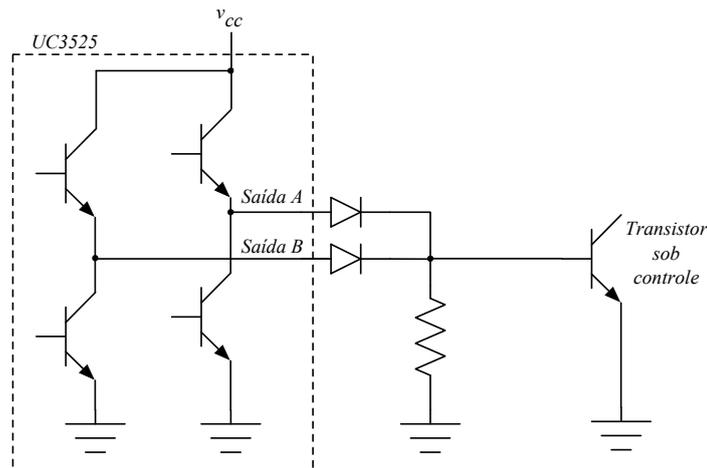


Figura 8 – Conexão das saídas do UC3525 em paralelo.

4 Circuito Integrado FSQ500N

4.1 Introdução

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.

4.2 Principais Características do FSQ500N

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- 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.

4.3 Diagrama de Blocos do FSQ500N

O diagrama de blocos do FSQ500N é mostrado na Figura 9. Nota-se que este circuito difere dos circuitos integrados vistos anteriormente, pois neste caso se tem o MOSFET de potência também integrado ao componente, além dos elementos para o controle do conversor.

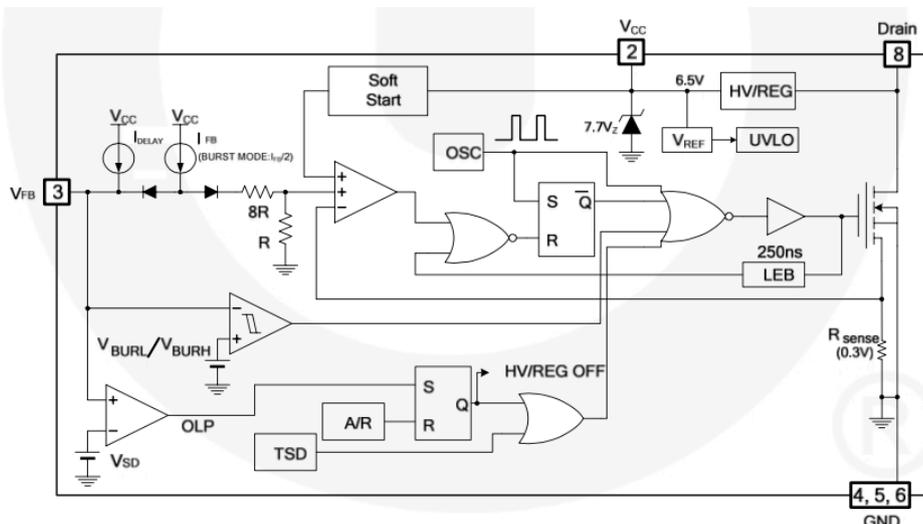


Figura 9 – Diagrama de blocos do FSQ500N.

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

Pela Figura 9 pode-se verificar que este circuito integrado possui poucos terminais, sendo que o terminal 2 é para alimentação externa do mesmo, se for desejado. O terminal 3 é de realimentação, para o circuito de controle do conversor. Percebe-se que as funções necessárias para a geração do sinal de comando do MOSFET são realizadas internamente, facilitando o uso do circuito integrado.

5 Circuito Integrado VIPER22A

5.1 Introdução

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.

5.2 Principais Características do VIPER22A

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- 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.

5.3 Diagrama de Blocos do VIPER22A

O diagrama de blocos do VIPER22A é mostrado na Figura 10. Pela figura pode-se verificar que este circuito integrado possui poucos terminais, sendo que o terminal VDD é para alimentação externa do mesmo, se for desejado. O terminal FB é de realimentação, para o circuito de controle do conversor. Percebe-se que as funções necessárias para a geração do sinal de comando do MOSFET, proteção de sobrecorrente e sobretensão são realizadas internamente, facilitando o uso do circuito integrado.

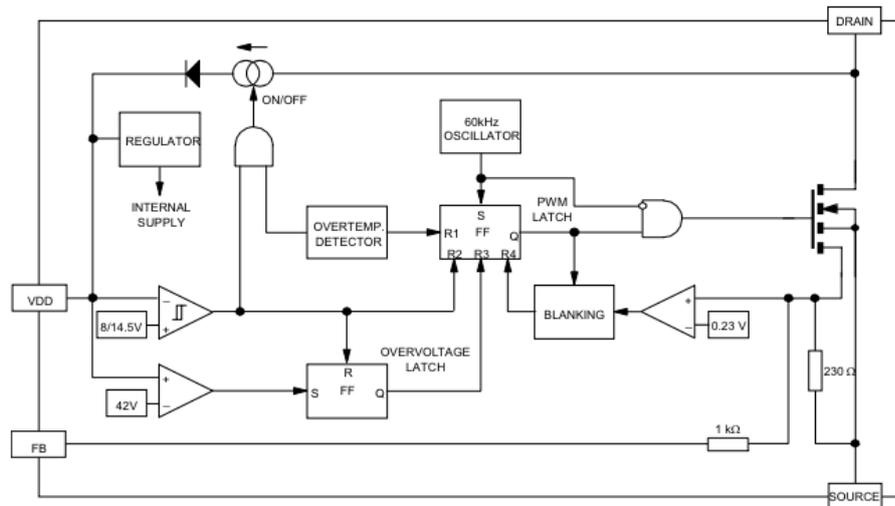


Figura 10 – Diagrama de blocos do VIPER22A.

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

6 Circuito Integrado LM2575

6.1 Introdução

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. Por sua vez, o circuito integrado LM2577 é utilizado para a implementação de conversores cc-cc elevadores de tensão.

6.2 Principais Características do LM2575

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- 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 versão com tensão ajustável de saída;
- Corrente de saída de 1 A;
- Proteção de corrente;
- Proteção de temperatura.

6.3 Diagrama de Blocos do LM2575

O diagrama de blocos do LM2575 é mostrado na Figura 11. Nota-se pela figura que este circuito integrado possui um terminal de habilitação e desabilitação (5), um terminal de realimentação (4), além do terminal de entrada (1) e saída (2). Percebe-se pela figura que naturalmente este circuito integrado é utilizado para se implementar conversores do tipo Buck.

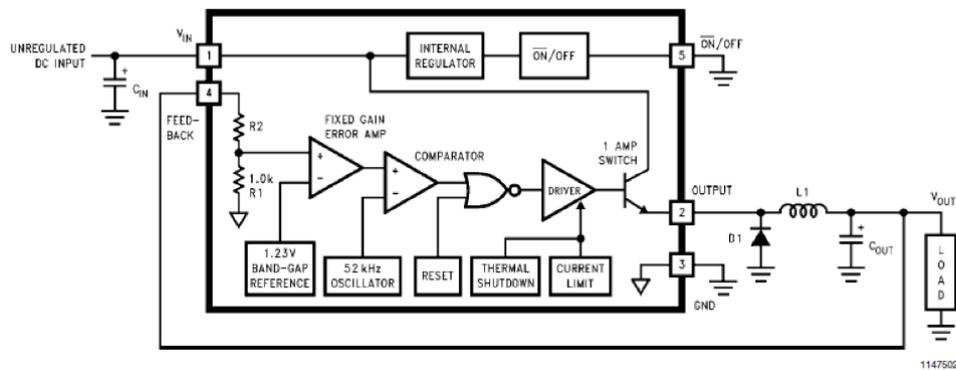


Figura 11 – Diagrama de blocos do LM2575.

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

6.4 Operação do LM2575 com Tensão de Saída Fixa

A operação do LM2575 com tensão de saída fixa é realizada com a montagem mostrada na Figura 11. Neste caso o terminal de realimentação (4) é conectado diretamente na saída, sendo que esta será determinada pelo modelo do circuito integrado utilizado.

Observe na Figura 11 que é necessário adicionar o diodo de roda-livre do conversor Buck, além do indutor e capacitor para o filtro de saída. Também é aconselhável a conexão de um capacitor na entrada, para desacoplamento de indutâncias parasitas.

Ao desenhar a placa de circuito impresso do conversor, será necessário atentar para as indutâncias parasitas das trilhas, que podem provocar sobretensões sobre os semicondutores do circuito. Assim, na Figura 12 mostram-se as conexões dos componentes externos ao LM2575, ressaltando as distâncias que devem ser minimizadas.

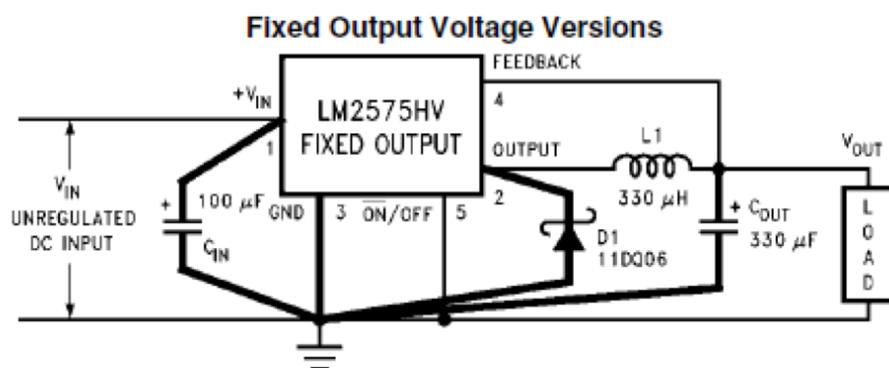


Figura 12 – Cuidados ao desenhar a placa de circuito impresso.

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

Note que o capacitor de desacoplamento da entrada é conectado o mais próximo possível do circuito integrado, o que também é feito com o diodo de roda-livre. Por sua vez, as conexões para a referência (terra do circuito) devem ter um ponto de conexão em comum, o que pode ser conseguido usando malha de terra no layout da placa de circuito impresso.

Os elementos do circuito da Figura 11 são determinados conforme foi estudado no capítulo referente ao conversor Buck. No entanto, o fabricante do circuito integrado auxilia o usuário na escolha dos valores dos principais componentes.

Inicialmente deve ser determinado o próprio circuito integrado para a tensão de saída desejada, entre 3,3 V, 5 V, 12 V ou 15 V. A especificação para alta tensão (HV) dependerá do valor da tensão de entrada. Até 40 V será o modelo padrão e acima disto até 60 V será o modelo para alta tensão (HV).

A seguir, para o capacitor de entrada (C_{IN}) recomenda-se utilizar capacitores eletrolíticos entre 47 e 100 μF . O capacitor de saída, considerando uma ondulação de tensão da ordem de 1%, poderá ter seu valor entre 100 e 470 μF .

O indutor pode ser determinado com auxílio de gráficos apresentados na folha de dados do fabricante, variando de 100 até 2200 μH .

Finalmente, o diodo deve ter capacidade de corrente e tensão compatíveis com o circuito e ser rápido, preferencialmente com recuperação suave.

6.5 Operação do LM2575 com Tensão de Saída Ajustável

A operação do LM2575 com tensão de saída ajustável é realizada com a montagem mostrada na Figura 13. Neste caso o terminal de realimentação (4) é conectado à saída por intermédio de um divisor resistivo, que, neste caso, determinará a tensão de saída pela expressão a seguir.

$$V_o = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right).$$

Onde:

- V_{ref} – tensão de referência de 1,23 V;
- R_1 – resistor do divisor resistivo com valores entre 1 k Ω e 5 k Ω ;
- R_2 – determinado conforme a tensão de saída desejada.

Do mesmo modo que no conversor com tensão de saída fixa, também no conversor com saída ajustável será necessário adicionar o diodo de roda-livre e o indutor e capacitor de filtro. Na Figura 13 mostram-se novamente as conexões para minimizar as indutâncias parasitas das trilhas, ao se desenhar a placa de circuito impresso.

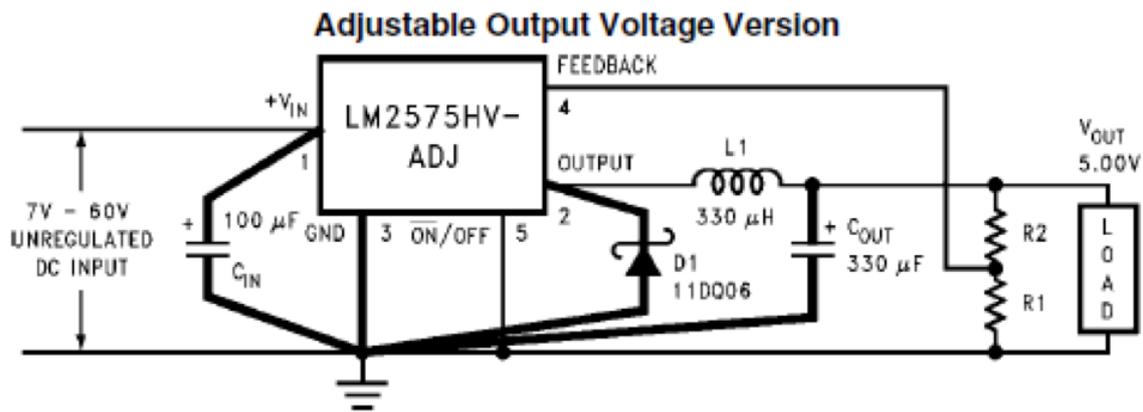


Figura 13 – Operação do LM2575 com saída ajustável.

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

O procedimento de projeto dos elementos do conversor com saída ajustável é distinto ao do conversor com saída fixa. O divisor resistivo deve ser determinado em função da tensão de saída desejada, podendo-se empregar a expressão abaixo:

$$R_2 = R_1 \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right).$$

O indutor é determinado com auxílio da expressão a seguir, consultando-se o ábaco da folha de dados do componente. A frequência deve ser inserida em kHz e as tensões em V.

$$E \cdot T = (V_{in} - V_{out}) \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \cdot \left(\frac{1000}{F_s} \right) [V \cdot \mu s].$$

Por fim, o capacitor é determinado pela expressão abaixo, onde a indutância será inserida em μH e as tensões em V.

$$C_{out} \geq 7785 \cdot \left(\frac{V_{in_max}}{V_{out} \cdot L} \right) [\mu F].$$

6.6 Conversores Comerciais com o LM2575 e LM2577

Anteriormente comentou-se que o LM2577 é similar ao LM2575, mas que é indicado para conversores elevadores de tensão, ou seja, do tipo Boost. Na Figura 14 mostra-se o diagrama de blocos do LM2575, o que possui internamente um transistor NPN com capacidade para 3 A e 65 V.

Exemplos de conversores comerciais que empregam o LM2575 e LM2577 são mostrados nas Figura 15 e Figura 16.

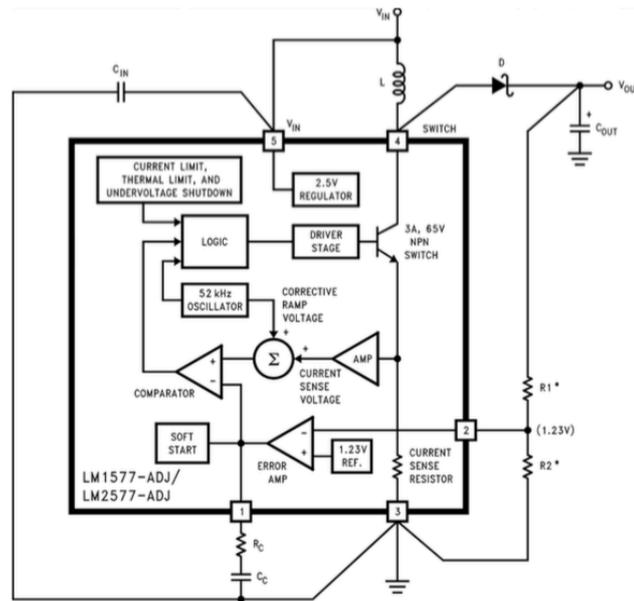


Figura 14 – Diagrama de blocos do LM2577.

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



Figura 15 – Conversor cc-cc abaixador com LM2575.

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



Figura 16 – Conversor cc-cc elevador com LM2577.

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

7 Circuito Integrado BTS410

7.1 Introdução

O circuito integrado BTS410, da série PROFET, da Infineon, é definido pelo fabricante como uma chave inteligente, que pode ser empregada para ligar e desligar circuitos, além de se implementar conversores simples com a mesma.

7.2 Principais Características do BTS410

As principais características ou parâmetros elétricos deste circuito integrado estão listadas a seguir:

- Tensão de alimentação: 4,7 até 42 V;
- Frequência de operação: 60 kHz;
- Transistor de potência, do tipo MOSFET integrado;
- Tensão do MOSFET: 65 V;
- Resistência do MOSFET: 220 m Ω ;
- Proteção de sobrecorrente;
- Proteção de sobretensão;
- Proteção de temperatura.

7.3 Diagrama de Blocos do BTS410

O diagrama de blocos do BTS410 é mostrado na Figura 17. Pela figura pode-se verificar que este circuito integrado possui cinco terminais, sendo que o terminal Vbb é a entrada de tensão, que também serve de alimentação ao CI. O terminal 5 é a saída do circuito, o terminal 2 é a entrada de sinal (PWM) e o terminal 4 indica se ocorreu falha, ou seja, atuação de alguma das proteções do circuito integrado.

É importante destacar que o circuito integrado BTS410 tem tempos de comutação grandes, da ordem de 100 μ s, o que limita sua frequência máxima de operação.

Neste sentido, sugere-se utilizar este circuito integrado para fins didáticos ou em circuitos de proteção, ou para ligar e desligar outros circuitos, dentre outras aplicações compatíveis com as características deste componente.

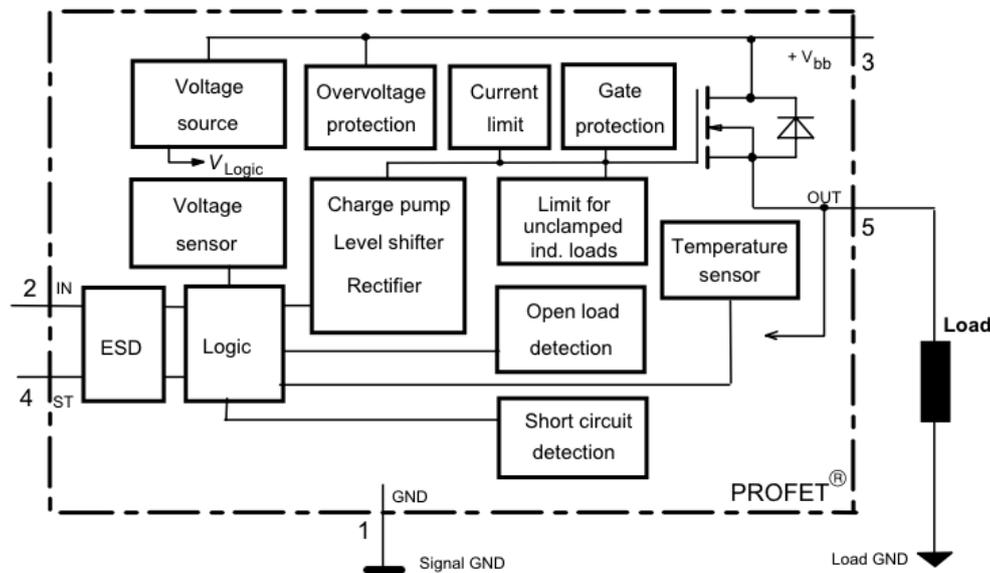


Figura 17 – Diagrama de blocos do BTS410.

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

8 Simulação dos Conversores em Estudo

Os conversores cc-cc integrados serão simulados utilizando os softwares Psim e Multisim. Inicialmente será realizada uma simulação considerando componentes ideais, para fins de verificação das expressões teóricas apresentadas. A seguir será realizada uma simulação com componentes reais, visando a verificação das diferenças apresentadas em relação à simulação ideal.

8.1 Simulação do Circuito com Componentes Ideais

O circuito simulado no Psim está mostrado na Figura 18, com as mesmas características das simulações de capítulos anteriores. Note que os componentes são ideais, no entanto se utiliza um modelo equivalente ao circuito integrado VIPER22A. A fonte é para 20 V (médios). A carga possui uma resistência de 33 Ω . O tempo de simulação pode ser de 3 ms e passo de cálculo de 0,0001 ms (0,1 μ s). Note que a frequência de comutação é de 60 kHz, sendo determinada internamente ao modelo do VIPER22A. O indutor de filtro é de 100 μ H com uma resistência série de 1 Ω e o capacitor é de 22 μ F.

As formas de onda das principais variáveis do circuito estão mostradas nas Figura 19 e na Figura 20. Na Figura 19 tem-se as formas de onda durante o transitório de partida do conversor. Já na Figura 20 mostram-se as formas de onda para o circuito operando em regime permanente. Mostram-se as tensões de entrada, saída, de comando (PWM) do interruptor e a tensão sobre o interruptor interno ao VIPER22A, além da sua corrente. Os valores calculados e simulados não são comparados neste capítulo, visto que o circuito integrado VIPER22A funciona no modo corrente, isto é, a tensão de realimentação no terminal FB determinará a corrente de pico no seu interruptor

interno, resultando em um projeto diferente daquele realizado nos capítulos anteriores. Assim, este item referente a simulação de um conversor Buck com circuito integrado tem o objetivo de demonstrar como um circuito integrado pode ser implementado com componentes ideais em um simulador de circuitos eletrônicos.

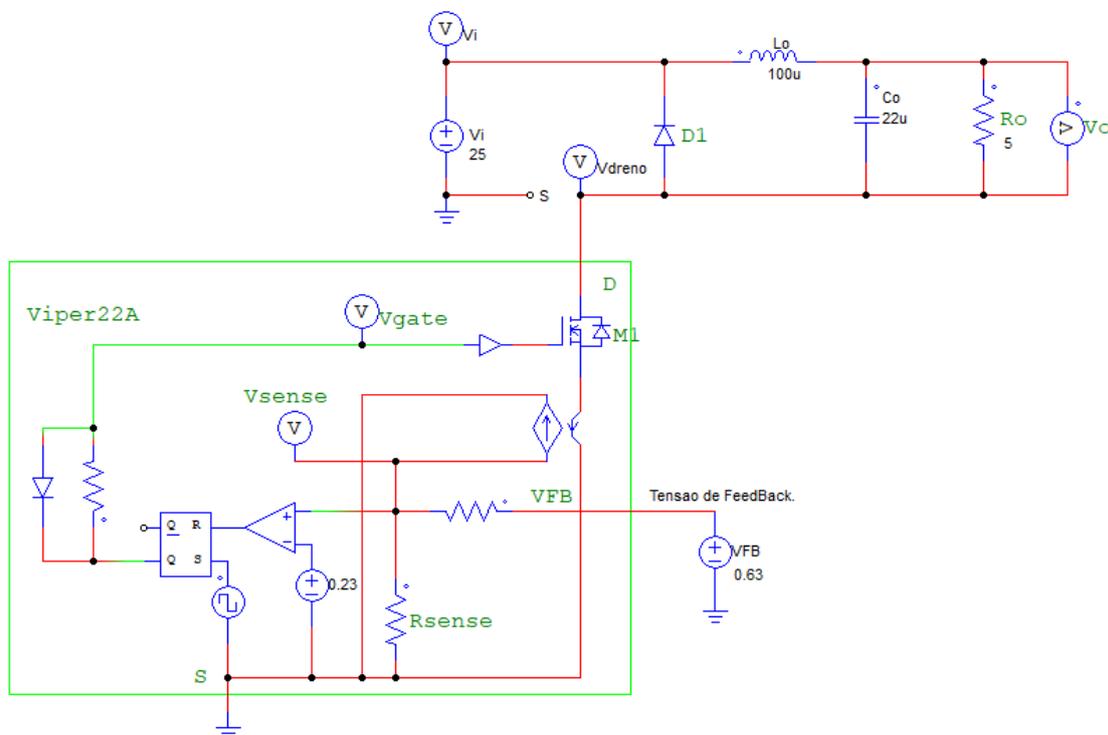


Figura 18 – Circuito simulado no Psim.

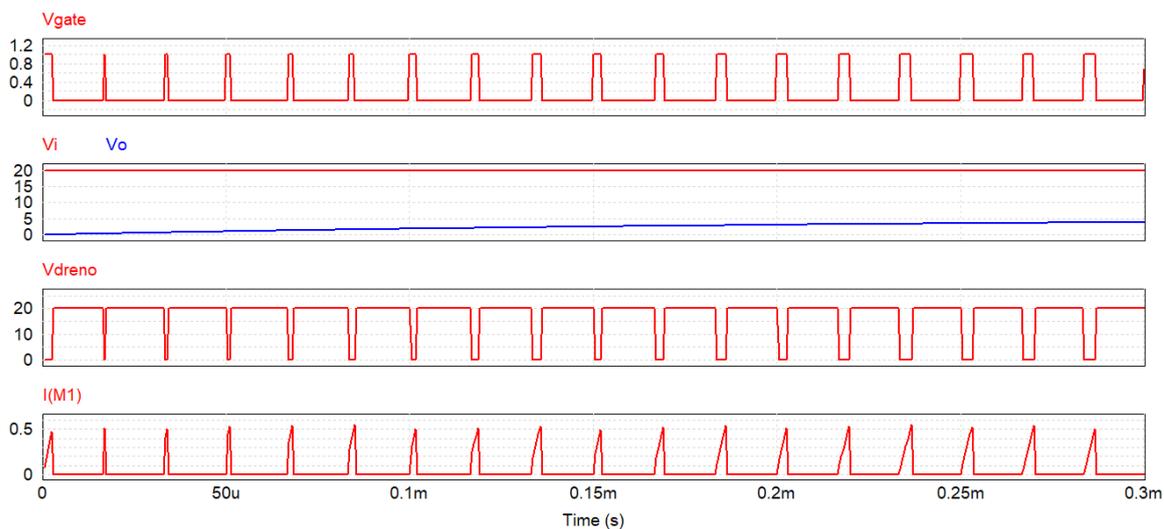


Figura 19 – Principais formas de onda do conversor cc-cc Buck com componentes ideais e circuito integrado VIPER22A.

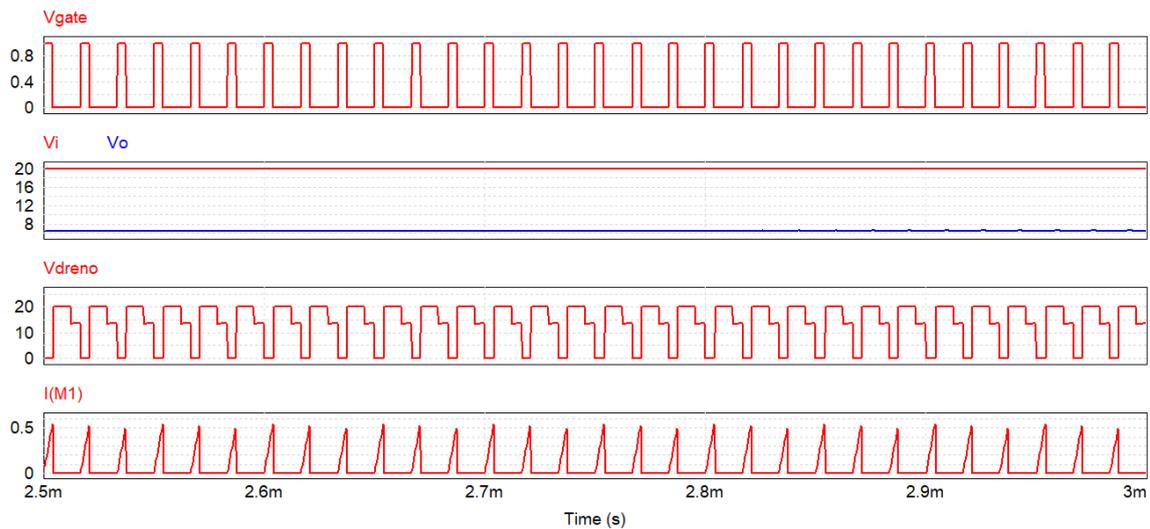


Figura 20 – Principais formas de onda do conversor cc-cc Buck com componentes ideais e circuito integradoVIPER22A.

8.2 Simulação do Circuito com Componentes Reais

O circuito simulado no Multisim está mostrado na Figura 21. Note que os componentes são reais, ou seja, o circuito integrado possui um modelo específico para o circuito, que é o LM5009 do fabricante Texas Instruments. A fonte é para 20 V (médios). A carga possui uma resistência de 100 Ω. O tempo de simulação pode ser de 5 ms e passo de cálculo de 0,0001 ms (0,1 μs). A frequência de comutação é ajustada pelos componentes do circuito, ficando na ordem de 337 de kHz, sendo que a razão cíclica é ajustada automaticamente para se obter a tensão de saída especificada pelo divisor de tensão formado pelos resistores R₄ e R₅. O indutor de filtro é de 100 μH e o capacitor é de 22 μF.

As formas de onda da tensão na entrada, tensão na saída e tensão sobre a chave são mostradas na Figura 22. As formas de onda das principais correntes no circuito são mostradas na Figura 23.

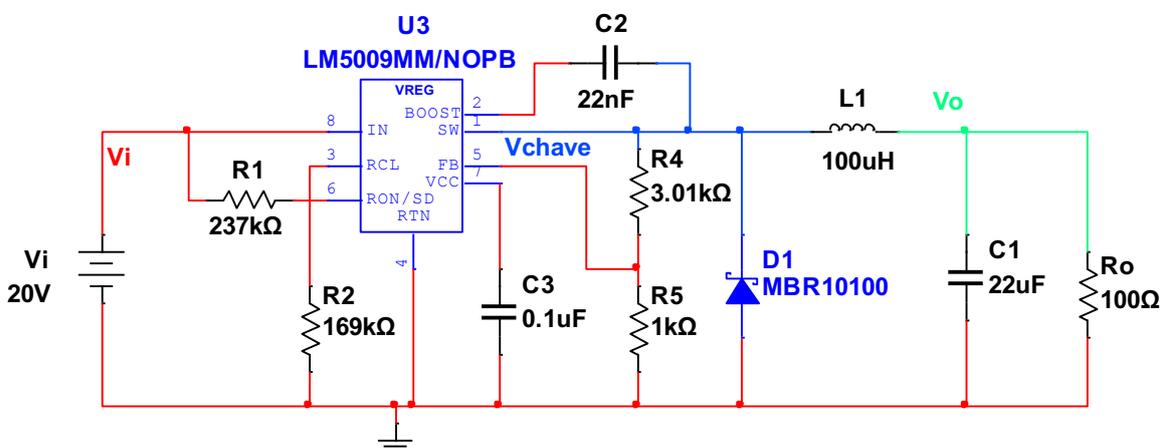


Figura 21 – Circuito simulado no Multisim.

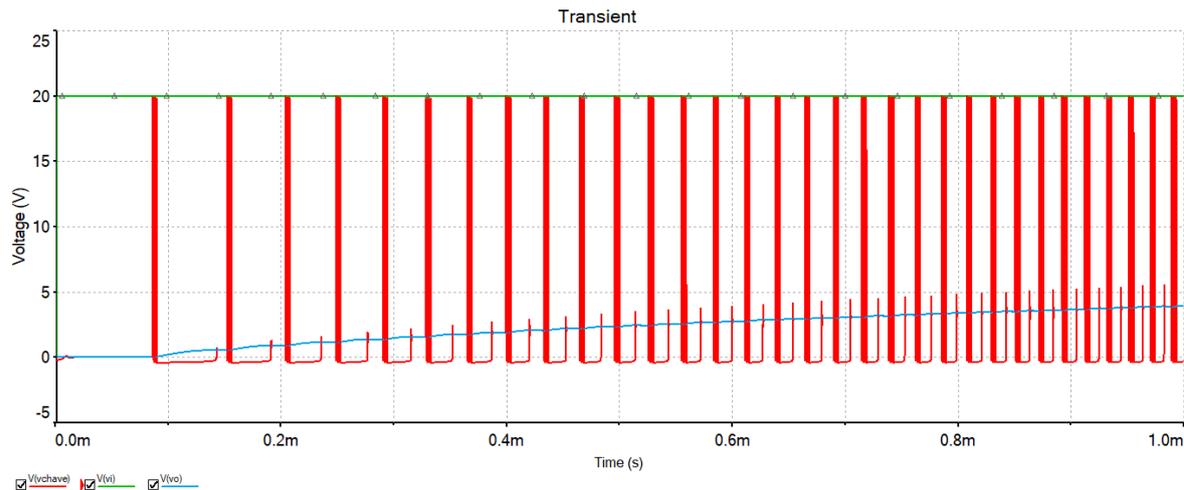


Figura 22 – Formas de onda da tensão de entrada, de saída e sobre o interruptor.

Esta simulação, assim como a anterior com o VIPER22A, tem por objetivo mostrar o potencial dos simuladores de circuitos eletrônicos, que podem ser utilizados para se realizar simulações com componentes complexos e modelos que mostram o comportamento do componente como o mesmo é no mundo físico. O projeto detalhado e a explicação do funcionamento do circuito integrado LM 5009 é mostrado na folha de dados do mesmo.

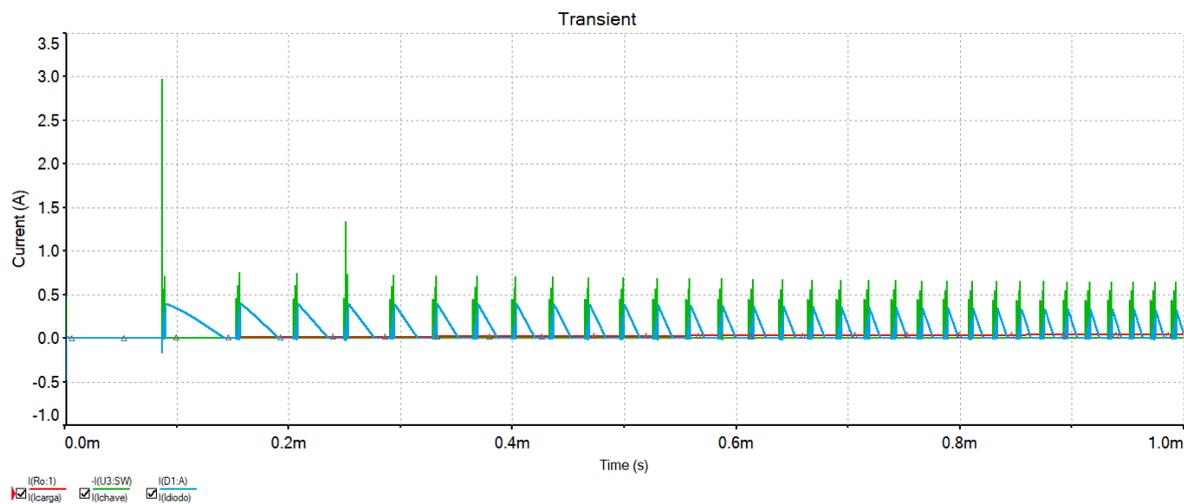


Figura 23 – Formas de onda das principais correntes do circuito.

9 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01) Considerando o circuito integrado LM2575-ADJ e que a fonte de alimentação seja de 15 V, a saída tenha uma corrente de 500 mA com tensão de 5 V, determine:

- Os componentes do divisor de tensão de amostragem da tensão de saída;
- O capacitor de saída;
- O indutor de filtro.

A expressão que relaciona os elementos do divisor de tensão com as tensões de entrada e de saída do conversor é:

$$V_o = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right).$$

Assim:

$$R_2 = R_1 \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right) = 1k \cdot \left(\frac{5}{1,23} - 1 \right) = 3,1k\Omega$$

O indutor é determinado com auxílio da expressão:

$$E \cdot T = (V_{in} - V_{out}) \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \cdot \left(\frac{1000}{F_s} \right) = (15 - 5) \cdot \left(\frac{5}{15} \right) \cdot \left(\frac{1000}{52k} \right) = 64,1V \cdot \mu s$$

Consultando a folha de dados do componente se determina que o valor do indutor pode ser entre 470 e 680 μH .

O capacitor é determinado por:

$$C_{out} \geq 7785 \cdot \left(\frac{V_{in_max}}{V_{out} \cdot L} \right) = 7785 \cdot \left(\frac{15}{5 \cdot 470} \right) \cong 50 \mu F$$

ER 02) Repita o problema anterior considerando utilizar um regulador LM2575 fixo.

Neste caso será utilizado um regulador LM2575-5.0 V, não sendo necessário usar o divisor de tensão na realimentação, pois a saída é conectada diretamente no terminal de realimentação.

Com auxílio da folha de dados, determina-se que o valor do indutor pode ser entre 470 e 680 μH . O capacitor sugerido na folha de dados será entre 100 e 470 μF .

ER 03) Escolha o capacitor de entrada e o diodo de roda-livre para a questão anterior.

O capacitor de entrada sugerido na folha de dados do fabricante é da ordem de 47 μF .

O diodo de roda-livre deve ser rápido e suportar a corrente especificada no problema, podendo ser o modelo 1N5818, por exemplo.

Exercícios Propostos

EP 01) Considerando o circuito integrado LM2575-ADJ e que a fonte de alimentação seja de 15 V, a saída tenha uma corrente de 500 mA com tensão de 3,3 V, determine:

- Os componentes do divisor de tensão de amostragem da tensão de saída;
- O capacitor de saída;
- O indutor de filtro.

EP 02) Repita o problema anterior considerando uma tensão de entrada que varia de 11 a 15 V.

EP 03) Repita o problema anterior considerando uma tensão de entrada seja de 30 V.

EP 04) Faça um resumo dos principais circuitos integrados para conversores estáticos, anotando suas características e aplicações.

EP 05) Pesquisa a respeito do circuito integrado VIPER22A, que foi utilizado na simulação com componentes ideais no item 8.1 deste capítulo.

EP 06) Pesquisa a respeito do circuito integrado LM5009, que foi utilizado na simulação com componentes reais no item 8.2 deste capítulo.

10 Laboratório

10.1 Introdução

Esta atividade de laboratório tem por objetivo exercitar o conteúdo estudado nesta aula (capítulo), especificamente sobre o estudo de conversores cc-cc do tipo Buck.

Em síntese, objetiva-se:

- Montar um conversor cc-cc chaveado;
- Observar as principais formas de onda do circuito;
- Comparar os resultados de laboratório com os valores calculados.

10.2 Conversor cc-cc Chaveado

Localize na internet a folha de dados do circuito integrado LM1575 e utilize a mesma durante esta aula de laboratório para consulta.

Monte o conversor cc-cc integrado, conforme mostrado na Figura 24.

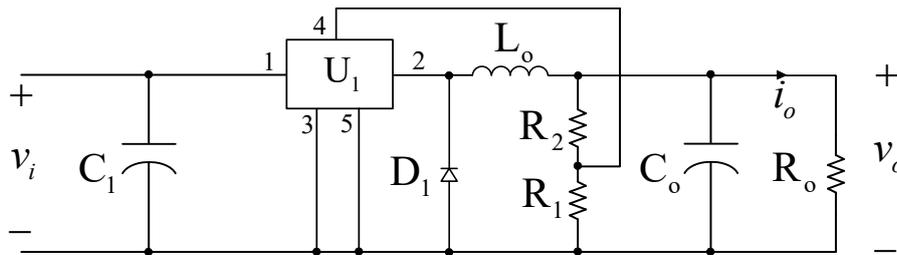


Figura 24 – Conversor cc-cc integrado.

Os elementos do circuito devem ser:

- Tensão de entrada (V_{in}) será de 15 V;
- O circuito integrado será o LM1575 ou equivalente;
- O diodo será o 1N4936;
- Indutor de filtro de 100 μH ;
- Resistor de carga de 22//22 Ω x 5 ou 10 W.

Determine o valor dos resistores R_1 e R_2 do circuito da Figura 24 para uma tensão de saída de 5 V.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

Determine o capacitor de saída considerando que a tensão média na entrada é da ordem de 15 V, a tensão de saída é de 5 V e o indutor é de 100 μH .

$C_o =$ _____

Adicione estes elementos ao circuito e verifique seu correto funcionamento.

Anote os valores calculados e medidos na tabela 1.

Tabela 1 – Conversor Buck-cc integrado.

Variável do circuito	Valores calculados	Valores medidos
Tensão média no capacitor C_1		
Tensão média no terminal 2 de U_1		
Tensão média na carga		
Tensão de pico no terminal 2 de U_1		
Ondulação (<i>ripple</i>) de tensão na carga		

Meça a corrente na entrada e na saída do regulador chaveado, anotando os dados na tabela 2. Após isso, determine o rendimento da estrutura.

Tabela 1 – Rendimento do regulador chaveado.

Variável do circuito	Valores medidos/calculados
Tensão média no capacitor C_1	
Corrente média na entrada do regulador	
Potência média na entrada	
Tensão média na carga	
Corrente média na carga	
Potência média na carga	
Rendimento da estrutura	

Esboce as formas de onda observadas no osciloscópio na Figura 25 seguir.

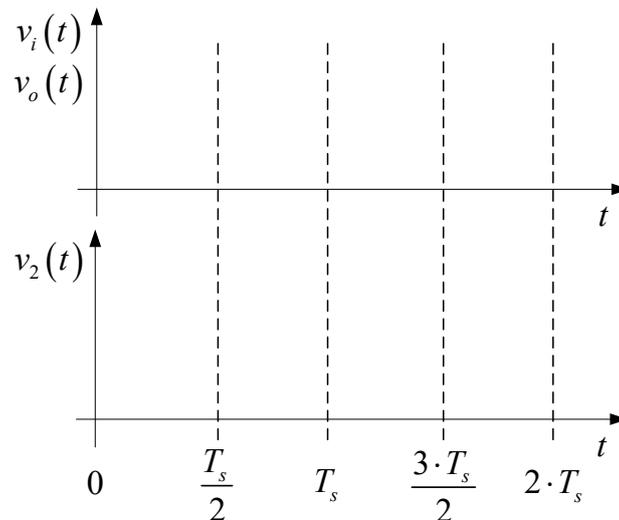


Figura 25 – Formas de onda observadas no osciloscópio.

10.3 Análise dos Resultados – Comente suas Respostas

- 1) O conversor está em condução contínua ou descontínua? Justifique sua resposta.
- 2) Comente a respeito dos valores calculados e medidos. Se ocorrerem diferenças, explique as razões para que isso tenha ocorrido.
- 3) Descreva as diferenças entre uma fonte que utiliza um regulador chaveado em relação àquelas que utilizam reguladores lineares.

11 Referências

- [1] IEEE, Pulsewidth Modulated Controller Integrated Circuit: Four Decades of Progress. IEEE Power Electronics Magazine, September, 2014.
- [2] BARBI, I. Eletrônica de potência. Florianópolis: Edição do Autor, 2005.
- [3] AHMED, A. Eletrônica de potência. São Paulo: Prentice Hall, 2000.