

ANÁLISE DE CONTROLADORES DE PORTA PARA MOSFETS DE CARBETO DE SILÍCIO

Alexandre Augusto Marino Borali¹, Renato Camargo Giacomini²

^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, FEI

ale.borali@hotmail.com, renato@fei.edu.br

Resumo: O objetivo desse projeto é mostrar as simulações, confecção e testes de circuitos controladores de porta para componentes de carbeto de silício. Esse projeto utiliza ferramentas como simuladores Spice e um software para a montagem dos circuitos, como o EAGLE da Autodesk, além de abordar comparações com circuitos que possuem tecnologias comumente utilizadas para aplicações de potência.

1. Introdução

O uso de componentes de chaveamento na eletrônica de potência, na maioria das aplicações, era limitado aos clássicos IGBTs e MOSFETS, porém nas aplicações com IGBTs há uma perda na capacidade do circuito operar em frequências altas. Em contraponto, uma característica negativa na utilização dos MOSFETS em aplicações de potência é sua inferior capacidade de condução de correntes e tensões elevadas e dificuldade no tempo de detecção de correntes de curto, comparado aos IGBTs.

No início do século XXI, o carbeto de silício (SiC) começou a ser utilizado para substituir o comumente utilizado silício. Porém, essa substituição na composição em alguns componentes não gerou componentes viáveis. Um dos componentes úteis que foram confeccionados com SiC foram os MOSFETS. [1]

Um MOSFET do polítipo 3C-SiC em comparação com os IGBTs de silício apresentam uma velocidade de comutação muito maior em temperaturas e correntes elevadas e uma menor resistência em estado de condutividade. Além da sua menor forma física. [2]

Para a obtenção dessas características de funcionamento, são necessários controladores de porta com características compatíveis à de componentes de carbeto de silício. Portanto, este trabalho mostra o estudo e confecção de controladores de porta para aplicações de potência com enfoque em inversores de frequência (será utilizado nas comparações o inversor do Fórmula Elétrico FEI).

2. Controladores de porta

Para que haja um acionamento correto do componente são necessárias características, geralmente, muito parecidas com as que também são utilizadas para o controle de porta de MOSFETS de silício e IGBTs.

Os novos controladores de porta possuem funcionalidade internas semelhantes aos controladores de componentes de silício. Contudo, sua única grande diferença é a necessidade de um circuito interno ou externo ao controlador de porta que tem a função de abaixar a tensão menor que o terra quando o MOSFET está em corte. Além disso, também apresenta circuitaria interna que permite entrada e saída de sinais de controle com capacidade de suportar frequências

significativamente superiores 100k Hz (frequência alta para IGBTs). [3]

Nesse projeto foi colocado como referência de comparação o circuito do Fórmula Elétrico FEI (Figura 1), este circuito de controle é responsável pelo chaveamento de IGBTs que são responsáveis pelo funcionamento de um motor trifásico. Esse circuito foi segmentado em duas partes sendo a parte em azul a responsável por lidar com corrente reversa de corte do MOSFET. A segmentação na cor vermelha representa o circuito de proteção contra curto circuito entre dreno e fonte.

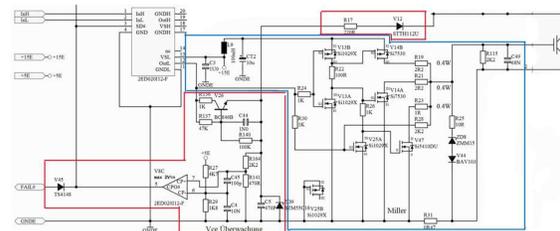


Figura 1 – Controlador de porta do Fórmula Elétrico Elétrico.

O circuito integrado que está responsável pelo funcionamento é o 2ED020I12-F e seu bloco está representado na figura 2.

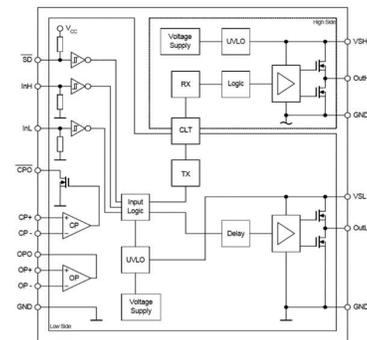


Figura 2 – Diagrama de blocos do controlador de porta do Fórmula Elétrico. [4]

Com essa análise de um circuito, foi escolhido um driver para carbeto de silício que possui características parecidas com o analisado. Foi escolhido o controlador de porta UCC21521C (seu diagrama de blocos está representado pela figura 3). Além desse controlador, o ISO5852S, um controlador normalmente utilizado para MOSFETS de silício e IGBTs foi escolhido como controle para comparação entre os dispositivos. O MOSFET que foi inicialmente utilizado é o SCH2080.

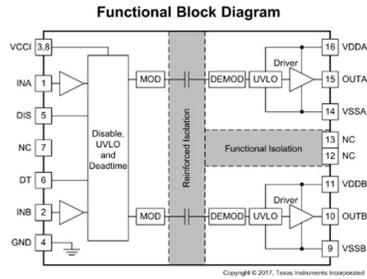


Figura 3 – Diagrama de blocos do controlador de porta UCC215121C.[5]

Após a escolha dos componentes, foi utilizado um simulador spice para simulação dos circuitos, como é mostrado na figura 4 e 5, juntos com as suas respectivas placas. Com os circuitos simulados foi utilizado o software EAGLE para a confecção das placas que finalmente foram feitas pelo Centro de Laboratórios Elétricos, do Centro Universitário FEI. Além disso, foi aplicada uma máscara de solda nas placas para a facilitação da solda.

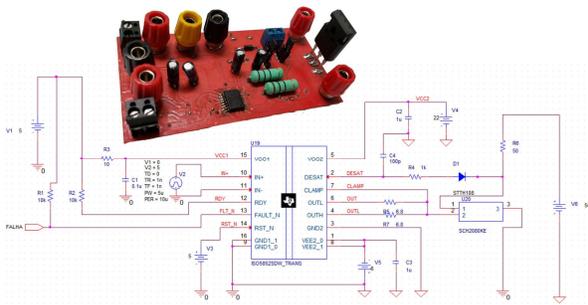


Figura 4 – Circuito e placa do controlador de porta ISO5852S.[6]

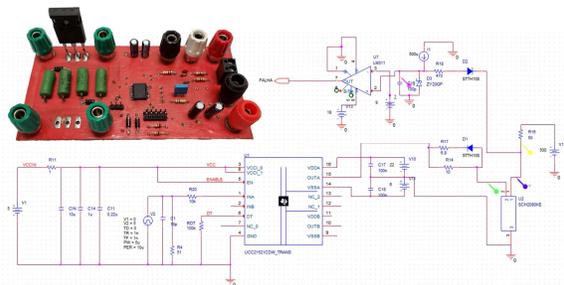


Figura 5 – Circuito e placa do controlador de porta UCC215121C

No estágio de testes, primeiro foram testados os sinais de controle na porta em ambas as placas. Em seguida, os MOSFETs SiC foram submetidos inicialmente a uma frequência de 560k Hz, como é mostrado na forma de onda à direita da figura 6, essa frequência foi selecionada para a análise da distorção do sinal na porta dos MOSFETs. Ademais, a tensão de porta (V_{gs}) aplicada é 22V à -6V, como é orientado no datasheet do componente, e 50% de razão cíclica no PWM.[7]

Em seguida, foi utilizado um reostato como carga para a visualização da sua queda de tensão, como é mostrado à direita na figura 6.

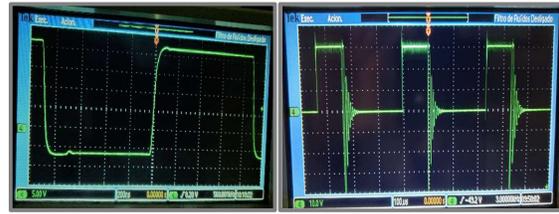


Figura 6 – Formas de onda usando controlador de porta UCC215121C.

4. Conclusões

Esse trabalho mostrou a adaptação do controle, simulação e desenvolvimento dos controladores de porta que podem ser utilizados nos novos MOSFETs de carbeto de silício. Essas etapas mostram desde a escolha dos componentes até as simulações e teste dos equipamentos fabricados.

Os resultados parciais dos testes com esses componentes, que prometem substituir as comumente utilizadas chaves de potência, mostraram uma resposta satisfatória em relação ao que havia sido proposto, como por exemplo, possibilidade de chaveamento com tensões diferenciadas de V_{gs} , formas de onda satisfatórias e capacidade de chaveamento em altas frequências. Contudo, há uma necessidade de um futuro estudo mais detalhado analisando as formas de onda dependo da carga utilizada e sua resposta a frequências elevadas.

5. Referências

- [1] S. B. Kevin M. Speer, "State of the SiC MOSFET: Device evolution, technology merit, and commercial prospects," *Littelfuse*.
- [2] D. A. Acevedo Bueno, E. R. Cabral, and D. A. Silva, "DISPOSITIVOS DE CARBONETO DE SILÍCIO NA ELETRÔNICA DE POTÊNCIA: UMA REVISÃO," 2014.
- [3] ON Semiconductor, "SiC MOSFETs: Gate Drive Optimization," 2018.
- [4] "2ED020I12-FI Dual IGBT Driver IC Power Managment & Drives," 2007.
- [5] "UCC21520, UCC21520A 4-A, 6-A, 5.7-kVRMS Isolated Dual-Channel Gate Driver," 2017.
- [6] "ISO5852S High-CMTI 2.5-A and 5-A Reinforced Isolated IGBT, MOSFET Gate Driver With Split Outputs and Active Protection Features," 2016.
- [7] "SCH2080KE N-channel SiC power MOSFET co-packaged with SiC-SBD," 2018.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro da CAPES e do CNPq.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI (ou FAPESP, CNPq ou outra). Projeto com vigência de 12/18 a 11/19.