

# CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE TRANSISTORES MOSFET DE POTÊNCIA

Isaias Cabral Pereira<sup>1</sup>, Renato Camargo Giacomini<sup>2</sup>, Ricardo Germano Stolf<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

isaiascp77@gmail.com, rstolf@fei.edu.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é caracterizar transistores de potência MOSFET fabricados em silício e em carbeto de silício (SiC). Para caracterização destes dispositivos de forma segura e adequada, é necessário estabelecer metodologias para mensurar os valores de tensão e corrente. Nesse sentido, devem ser estudados equipamentos específicos que possam trabalhar em altos níveis de potência e dessa forma, implementar uma bancada de testes.

## 1. Introdução

O crescente desenvolvimento tecnológico de equipamentos que demandam maior capacidade de controle de corrente, em aplicações nas áreas de geração de energia renovável, tração elétrica, sistemas de aeronaves e veículos híbridos, motivou o estudo do dispositivo MOSFET de potência fabricado em silício e carbeto de silício (SiC) [1]. A caracterização elétrica destes dispositivos de potência, obtida por meio das curvas  $I_D \times V_{GS}$  e  $I_D \times V_{DS}$  é importante para determinar o comportamento dos dispositivos em diversas situações e usos [2].

## 2. Metodologia

O MOSFET de potência, como o nome sugere, possui elevados níveis de corrente e tensão. Para efetuar a medida desses parâmetros, são necessários instrumentos de medições apropriados, uma vez que o aumento de corrente pode elevar a temperatura do transistor, gerar efeito joule e prejudicar a veracidade das medidas [2].

Além disso, é necessário o devido cuidado, para que os dispositivos não sejam queimados, nem tampouco os equipamentos. Portanto, o MOSFET deve conduzir apenas em um tempo predeterminado e logo em seguida ser desligado rapidamente [3].

Para isso é necessário um circuito chamado Gate Driver, ilustrado na figura 1 abaixo, composto por um buffer de tensão e um circuito amplificador AB, onde a tensão será aplicada de forma pulsada no terminal do gate, durante um intervalo de tempo [4].

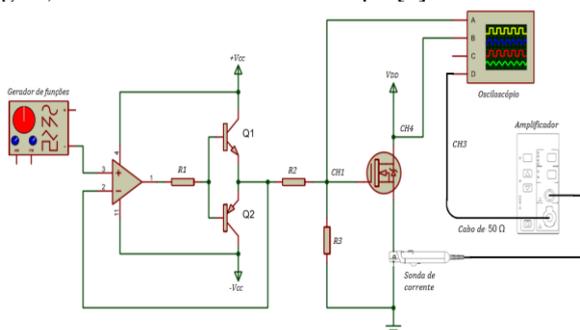


Figura 1 – Circuito e equipamentos utilizados na bancada de testes

## 2.1. Equipamentos utilizados

Conforme a figura 1, os equipamentos descritos a seguir foram utilizados para realizar a caracterização do MOSFET. O Gerador de Funções, permite gerar onda quadrada como sinal de entrada do Gate Driver, ajustando-se a amplitude, período, ciclo de trabalho,  $V_{GS}$  máximo e  $V_{GS}$  mínimo. Para medir a corrente do terminal de dreno, foi utilizada a Sonda de Corrente Tektronix TCP303 que possui alcance de até 125 A e apresentou resultados confiáveis quando comparado com o Multímetro Digital Agilent 34401A. Seu princípio de funcionamento baseia-se no efeito Hall para medições CC e CA de baixa frequência.

Para saber o valor de corrente medido pela sonda, é necessário usar o Amplificador da Sonda de Corrente Tektronix TCPA300, como estágio intermediário para medição de corrente. A saída da sonda é ligada à entrada do amplificador. Este por sua vez, converte a corrente detectada pela sonda, em um sinal de tensão proporcional que pode ser medido diretamente no canal 3 do Osciloscópio Tektronix MSO2024. O canal 1 mede o sinal pulsado de  $V_{GS}$  e o canal 4 mede o valor de  $V_{DS}$ , fornecido pela fonte MPS-3006D

## 2.2. Procedimento para obtenção da curva

### $I_D \times V_{DS}$

Para a medida da curva de  $I_D \times V_{DS}$ , é preciso que a tensão  $V_{GS}$  seja maior que  $V_{TH}$ , de valor constante e pulsada. Inicialmente variou-se  $V_{DS}$  com um incremento de 250 mV e era anotado o valor de corrente medido pela sonda de corrente e exibido pelo osciloscópio. Em seguida, o passo foi aumentado quando a variação no valor da corrente era mínima, ou seja, quando o transistor MOS entrava na saturação. Após finalizar uma curva, o valor de  $V_{GS}$  foi aumentado e mantido constante, mas pulsado e novamente variou-se a tensão  $V_{DS}$  para obter os novos valores de corrente.

## 2.3. Procedimento para obtenção da curva

### $I_D \times V_{GS}$

Para fazer esse gráfico foi necessário que a tensão  $V_{DS}$  fosse mantida constante no valor de 100 mV, permitindo que a profundidade do canal ficasse uniforme. Neste gráfico, um incremento de 200 mV foi usado para  $V_{GS}$  e o valor de  $I_D$  era anotado.

## 3. Resultados

Para os testes preliminares, o gerador de funções foi ajustado para ter onda quadrada com período de 100 ms e ciclo de trabalho de 5%. Ou seja, nesta configuração, em apenas 5ms o MOSFET canal N conduz e 95 ms fica cortado.

É necessário que o  $V_{GS}$  mínimo possua um valor negativo de tensão para garantir que o MOSFET canal N corte rapidamente, isto é, descarregando rapidamente o capacitor formado entre o contato de porta, o óxido de porta e a região de canal. Como o dreno e fonte são do tipo N, não haverá um canal que possibilite o fluxo de corrente entre estes terminais.

Dessa forma, pôde-se visualizar na tela do osciloscópio as formas de onda de  $V_{GS}$ ,  $V_{DS}$  e  $I_D$ , como ilustra a figura 2

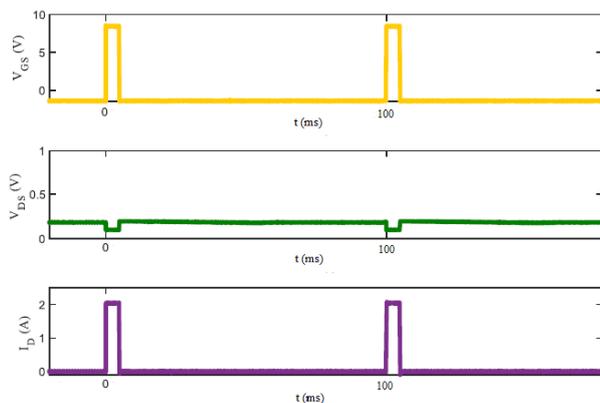


Figura 2 – Formas de onda em um transistor IRF540 para  $V_{GS\ min} = -1,5V$ ;  $V_{GS\ máx} = 8,6V$ ;  $V_{DS} = 100\ mV$  e  $I_D = 2A$

As figuras 3 e 4, apresentam respectivamente o gráfico  $I_D$  x  $V_{DS}$  e  $I_D$  x  $V_{GS}$  para o MOSFET IRF540. Até a presente fase desta Iniciação Científica (IC), há limitações da fonte de alimentação que permite a caracterização até 6A. Nas próximas etapas da IC, será incluída uma fonte que fornece maiores níveis de tensão e corrente.

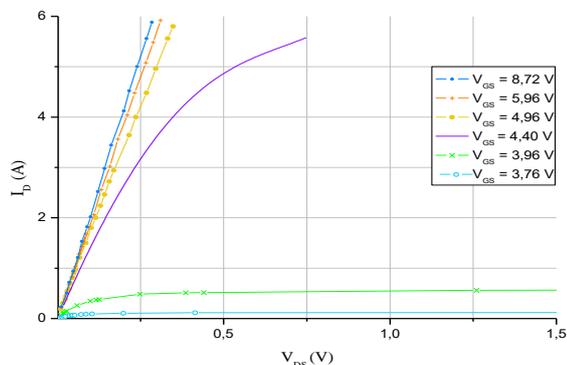


Figura 3 – Curvas experimentais do MOSFET IRF540 de  $I_D$  em função de  $V_{DS}$

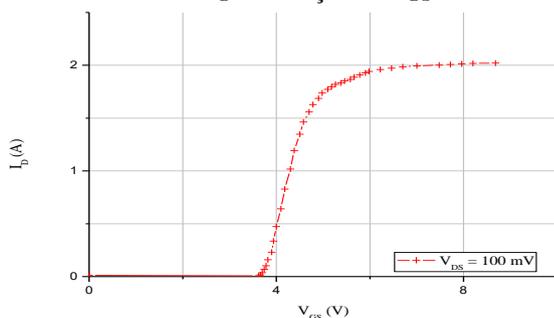


Figura 4 - Gráfico  $I_D$  x  $V_{GS}$  do MOSFET IRF540 obtido com o sistema de medidas implementado

O gráfico da figura 5 foi obtido com o valor de  $V_{DS}$  mantido em 25V, conforme a condição de teste do datasheet do MOSFET IRLZ34

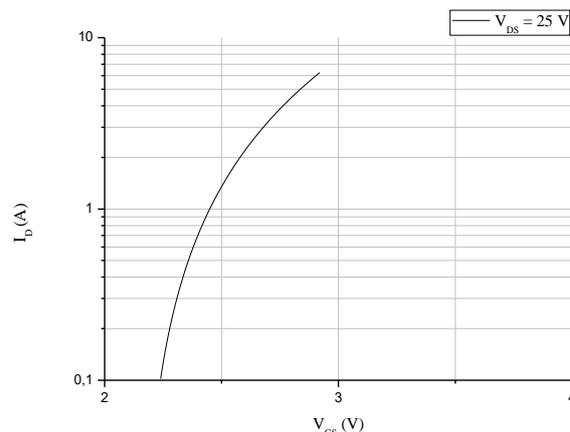


Figura 5 - Gráfico  $I_D$  x  $V_{GS}$  do MOSFET IRLZ34 obtido com o sistema de medidas implementado

#### 4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos até o momento, conclui-se que a metodologia adotada e os equipamentos utilizados são adequados para caracterização de transistores NMOS de potência com corrente de dreno de no máximo 6A devido a limitação da fonte  $V_{DD}$ . Com o circuito de driver foi possível comandar o terminal de gate do MOSFET canal N, de modo que o tempo de condução do transistor não fosse suficiente para aquecê-lo ou provocar erros durante as medições, nem tampouco queimá-lo. Os testes preliminares, mostraram que tanto o gráfico  $I_D$  x  $V_{DS}$  quanto o gráfico  $I_D$  x  $V_{GS}$ , obtidos durante os testes, possuem o comportamento característico de um MOSFET de potência, com regiões de operação bem definidas.

#### 5. Referências

- [1] BALIGA, B. J. Advanced power mosfet concepts. 1. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2010.
- [2] CHRYSSIS, G. C. High frequency switching power supplies theory and design. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1989.
- [3] LIANG, Y. C.; SAMUDRA, G. S.; HUANG, C.-F. Power microelectronics: device and process technologies. 2. ed. Singapore: World Scientific, 2017.
- [4] MOHAN, N.; UNDELAND, T. M.; ROBBINS, W. P. Electronica de Potencia - Convertidores, Aplicaciones y Diseño. 3. ed. México, D. F: Mc Graw Hill, 2009

#### Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo incentivo à pesquisa e ao laboratório da SMS pela disponibilização dos equipamentos de medidas.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/18 a 01/19.