

EFEITOS DA TEMPERATURA EM DISPOSITIVOS PSEUDORRESISTORES

Beatriz Barsocchi Testa¹, Cleiton Fidelix Pereira², Renato Camargo Giacomini³

^{1,2,3} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, Brasil
beatriz.testa@hotmail.com, renato@fei.edu.br

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados obtidos com a caracterização da resistência efetiva do pseudoresistor quando inserido em um ambiente com aumento gradual da temperatura, prevendo seu comportamento durante a realização de projetos, afim de garantir sua máxima eficiência. Ademais, foi realizada uma análise experimental do ganho no dispositivo amplificador, o qual também utiliza o dispositivo estudado, nas mesmas condições.

1. Introdução

O pseudoresistor mostrado neste trabalho consiste em um resistor ativo implementado na tecnologia CMOS, caracterizado por transistores conectados de maneira incomum. Como as portas do transistor não são polarizadas com tensões fixas, a resistência efetiva do pseudoresistor é enorme para sinais pequenos e pequena para sinais grandes [1][2].

Contudo, o comportamento do pseudoresistor, além de ser altamente dependente de processos e da tensão aplicada, também sofre distorções quando submetido à níveis de temperatura superiores à temperatura ambiente (aproximadamente 27 graus Celsius). A dependência de temperatura da resistência efetiva do pseudoresistor será mostrada experimentalmente, fornecendo dados relevantes para que circuitos de compensação do PVT (variações de tensão, processo e temperatura) possam ser projetados.

2. Resistência Efetiva

A Figura 1 mostra a bancada com os equipamentos utilizados no ensaio experimental. Foram utilizados um protótipo desenvolvido para controle de temperatura de CI's (direita), um gerador de função (meio superior), usado para definir a frequência e tensão de entrada desejadas, uma fonte (meio inferior) para alimentar o circuito e finalmente um osciloscópio (à esquerda) para aquisição das medidas.

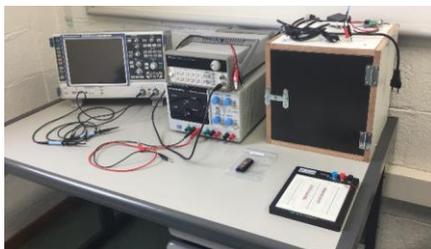


Figura 1 – Equipamento utilizado para realizar medições de pseudoresistência

Desta forma, as conexões foram feitas de acordo com o circuito de teste mostrado na Figura 2. Sua principal função é atuar como amplificador, o qual foi implementado com a tecnologia em questão.

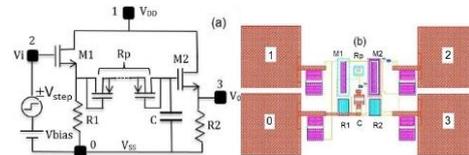


Figura 2 – (a) Circuito de avaliação do pseudoresistor, (b) Layout implementado.

Primeiramente, foram adquiridos os dados em tensões pico-a-pico de saída em 50mV, 100mV, 250mV e 500mV, para obter os resultados lineares e não lineares do dispositivo, à temperatura ambiente. A forma de onda de entrada utilizada na análise é composta por uma soma da tensão de polarização na entrada com uma das quatro tensões de análise (onda quadrada) na frequência que melhor se adequa visualmente no tempo de subida de carregamento do capacitor, ou seja, é composto por uma tensão de polarização adicionada de um degrau de tensão.

A partir da curva de carregamento, foi extraído o valor de resistência pela metodologia apresentada em [3]. O valor da resistência é obtido através da resposta transitória de um circuito RC de 1ª ordem, excitado por um degrau de tensão, em que o valor do capacitor é conhecido.

Para realizar a análise das 32 curvas geradas experimentalmente, o software Origin8 foi utilizado, em que foi possível criar uma tabela para cada curva. Cada coluna da tabela gerada detêm uma função de apoio para a equação final, a qual pode ser vista na Figura 3.

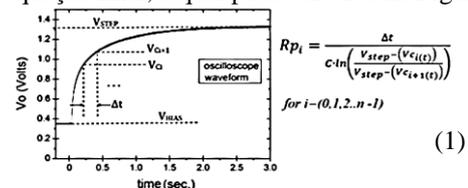


Figura 3 – Equação utilizada para análise.

3. Ganho do Amplificador

Coletadas as informações necessárias sobre a resistência do pseudoresistor em função de diferentes temperaturas, tiveram início as medições de ganho no dispositivo amplificador.

Foram adquiridos os dados de tensão de saída positiva e negativa do amplificador (saída diferencial), e a tensão de pico antes do divisor de tensão em frequências dentro de uma faixa entre 100mHz e 300kHz. Com as tensões de entrada, saída e referência definidos em uma tabela no software Origin8 para o cálculo do ganho, o mesmo procedimento foi repetido para cada temperatura, desde 30 à 60 graus Celsius, com passos de 10 graus.

A equação utilizada pode ser vista abaixo:

$$\text{Ganho (dB)} = 20 * \log\left(\frac{V_0}{V_i}\right) \quad (2)$$

4. Resultados

Os seguintes resultados foram obtidos para as medidas de resistência efetiva do pseudoresistor, em função da tensão sobre ele, apresentado nas Figuras 4,5,6 e 7:

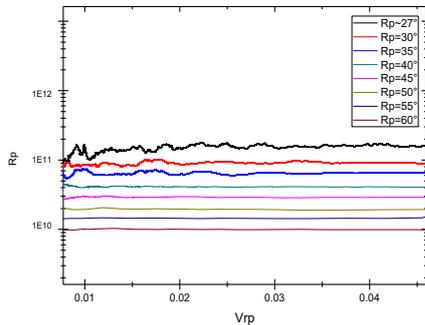


Figura 4 - Resistência equivalente do pseudoresistor para 50mV.

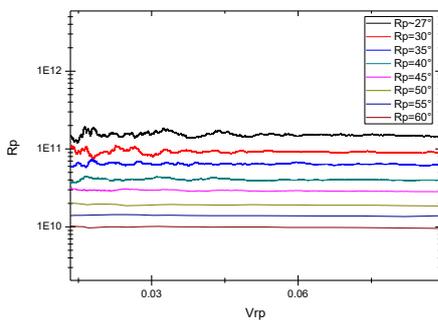


Figura 5 - Resistência equivalente do pseudoresistor para 100mV.

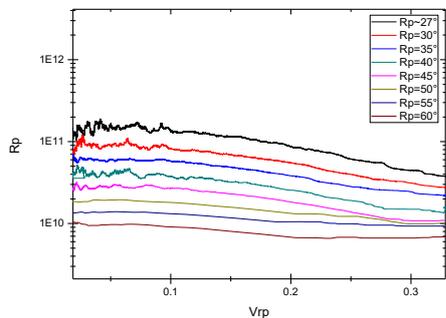


Figura 6 - Resistência equivalente do pseudoresistor para 250mV.

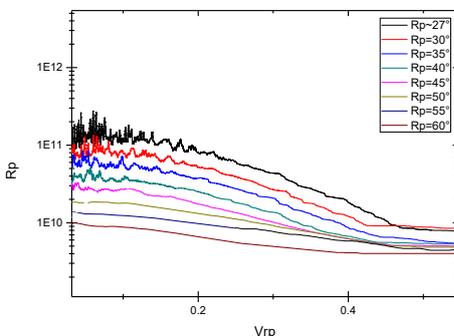


Figura 7 - Resistência equivalente do pseudoresistor para 500mV.

Ademais, o seguinte resultado para o ganho do circuito amplificador com pseudoresistor em função da frequência de atuação foi obtido:

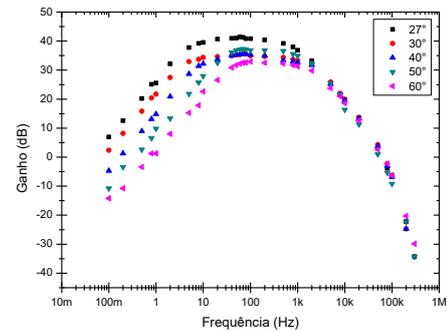


Figura 8 - Curva de ganho do amplificador

5. Conclusões

Ao comparar e analisar os gráficos gerados, foi possível notar que a temperatura influencia diretamente no comportamento do pseudoresistor: quanto maior a temperatura, menor é a resistência efetiva do dispositivo. A progressiva diminuição da resistência mostrada pode diminuir o desempenho de circuitos que utilizem a tecnologia de pseudoresistores, e, portanto, tal variação deve ser prevista durante o projeto e balanceada por um circuito de compensação, de modo que qualquer projeto não tenha suas características alteradas pelo ambiente em que se encontra.

Ademais, quanto maior a temperatura em que o dispositivo se encontra, menor é o ganho do amplificador. Somente os ganhos em alta frequência se sobrepõem, decorrente do elevado valor de resistência do pseudoresistor, o qual interfere somente em baixas frequências (polos e zeros em baixa frequências), enquanto as maiores frequências dependem de outros componentes.

Por fim, as variações na resistência efetiva do pseudoresistor e no ganho do circuito amplificador seguem aproximadamente a mesma proporção, indicando que o pseudoresistor é o componente com maior influência na variação do ganho em baixas frequências, e sugerindo que os demais componentes interferem somente em altas frequências.

6. Referências

- [1] T. Delbrück and C. A. Mead, "Analog VLSI adaptive, logarithmic wide dynamic-range photoreceptor" in Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems, vol. 4, 1994, pp. 339–342.
- [2] R. R. Harrison and C. Charles, "A Low-Power, Low-Noise CMOS Amplifier for Neural Recording Applications", IEEE Journal of Solid State Circuits, Vol. 38, No. 6, pp. 958-965, Jun. 2003. I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [3] P. L. Benko, M. Galeti, C. F. Pereira, J. C. Lucchi, e R. Giacomin, "Innovative approach for electrical characterisation of pseudoresistors", Electron. Lett., vol. 52, no 25, p. 2031–2032, 2016.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro da CAPES e do CNPq. 1 Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/19 a 12/19