

# Caracterização prática do dispositivo MOS denominado “Pseudo-resistor”, nas tecnologias BicMOS 0,13mm global Foundries e TSMC 0,18mm

Guilherme Nascimento Pereira\*, Pedro Luiz Benko  
Departamento de Engenharia Elétrica – Centro Universitário FEI  
pereira.ggui@gmail.com pbenko@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma explicação bem breve sobre biopotenciais e uma introdução ao dispositivo MOS “pseudo-resistor” e resultados experimentais realizados em laboratório, variando as dimensões, tensões e configuração do dispositivo. Os experimentos visam comprovar caracterizar o pseudo-resistor, observar o efeito da configuração “back-to-back” e analisar os valores de resistência na região de linearidade, onde o valor da resistência pode chegar a  $10^{11}$ ,  $10^{12}$   $\Omega$ .

## 1. Introdução

Biopotenciais são potenciais transitórios eletroquímicos que podem ser detectados em nossas células. Mas para a obtenção de valores mensuráveis, através da conversão de sinais eletroquímicos em eletrônicos, é necessário um dispositivo chamado eletrodo-eletrólitos. Amplificadores de biopotenciais são usados para formatar esses sinais, porém esses amplificadores devem possuir certas características, como trabalhar em baixíssima frequência, com isso, obtendo constantes de tempo altas nos filtros e equalizações. Sendo assim os pseudo-resistores são muito importantes por conta do alto valor de resistência, entre  $10^{10}$  e  $10^{13}$   $\Omega$ .

Introduzido por T. Delbruck, ele detalha que a resistência, em seus terminais, para pequenos sinais é alta e para grandes sinais é baixa. Com isso, para pequenos sinais a resistência pode chegar até  $10^{12}$ ,  $10^{13}$   $\Omega$ .

Pode ser implementado tanto em pMOS ou nMOS, conforme mostrado na figura 1.

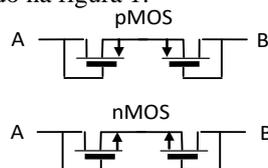


Figura 1 – Conexão pmos e nmos para pseudo-resistor

O pseudo-resistor apresenta região linear e não-linear, a configuração “back-to-back” é adotada visando aumentar a região de linearidade que o pseudo-resistor pode trabalhar. Podemos ver a configuração na figura 2.

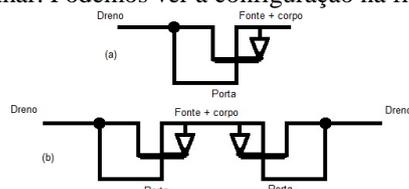


Figura 2 – (a) PMOS pseudo resistor e (b) configuração “back-to-back” PMOS-bipolar pseudo resistor

A configuração consiste em conectar as fontes dos dispositivos, objetivando melhorar a linearidade entre corrente e tensão, com isso, amplificando a região de linearidade do dispositivo. Há dois transistores na configuração um “back-to-back”, quatro na configuração dois “back-to-back” e seis na configuração três “back-to-back”, configurados em cascata.

## 2. Metodologia

Os experimentos foram realizados no laboratório do prédio D no terceiro andar. Segue abaixo, a tabela das dimensões do pseudo-resistor utilizado.

Tabela I – Dimensão do pseudo-resistor e identificação dos pinos

Pseudo	Associação/Dimen.		Pinos				
			V+	V-	Vin	Vout	
	Ass.	W ( $\mu\text{m}$ )	L ( $\mu\text{m}$ )				
a	1xbb	0,36	0,24	40	41	42	43
b	3xbb	0,72	0,48	34	35	30	31
c	2xbb	0,72	0,48	36	37	32	11
d	3xbb	0,72	0,48	29	27	26	25
e	3xbb	0,36	0,48	24	23	22	21
f	1xbb	0,36	0,48	20	19	18	17

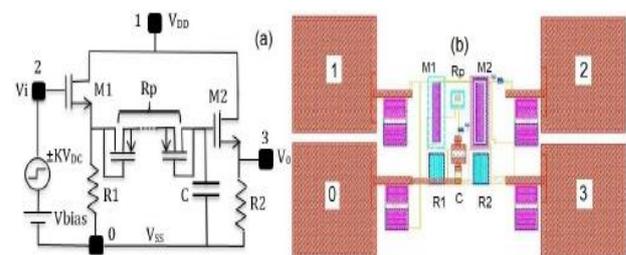


Figura 3 – (a) Esquema e (b) layout do dispositivo

Aplica-se um sinal degrau com uma certa tensão na entrada para obter uma saída. Varia-se a tensão de entrada também, para analisar o comportamento do dispositivo. Os dados obtidos foram tratados no software Origin [4].

Há duas equações para a resistência do pseudo-resistor, uma para a região linear (1) e outra para a não linear (2).

$$R_p = \frac{\Delta t}{C * \ln\left(\frac{V_{step} - (V_{bias})}{V_{step} - (V_c(t))}\right)} \quad (1)$$

$$R_{pi} = \frac{\Delta t}{C * \ln\left(\frac{V_{step} - V_{ci} + 1(t)}{V_{step} - V_{ci} + 1(t)}\right)} \quad (2)$$

### 3. Ilustrações

A figura 4 apresenta os gráficos comparativos entre as resistências variando a tensão de entrada dos pseudo-resistores com um, dois e três “back-to-back” com larguras de canal de 36  $\mu\text{m}$  ou 72  $\mu\text{m}$  e comprimento de canal de 24  $\mu\text{m}$  ou 48  $\mu\text{m}$ . Os gráficos estão separados por tensão aplicada e exibem as curvas de cada pseudo-resistor, podendo-se notar a diferença e a influência da configuração “back-to-back”.

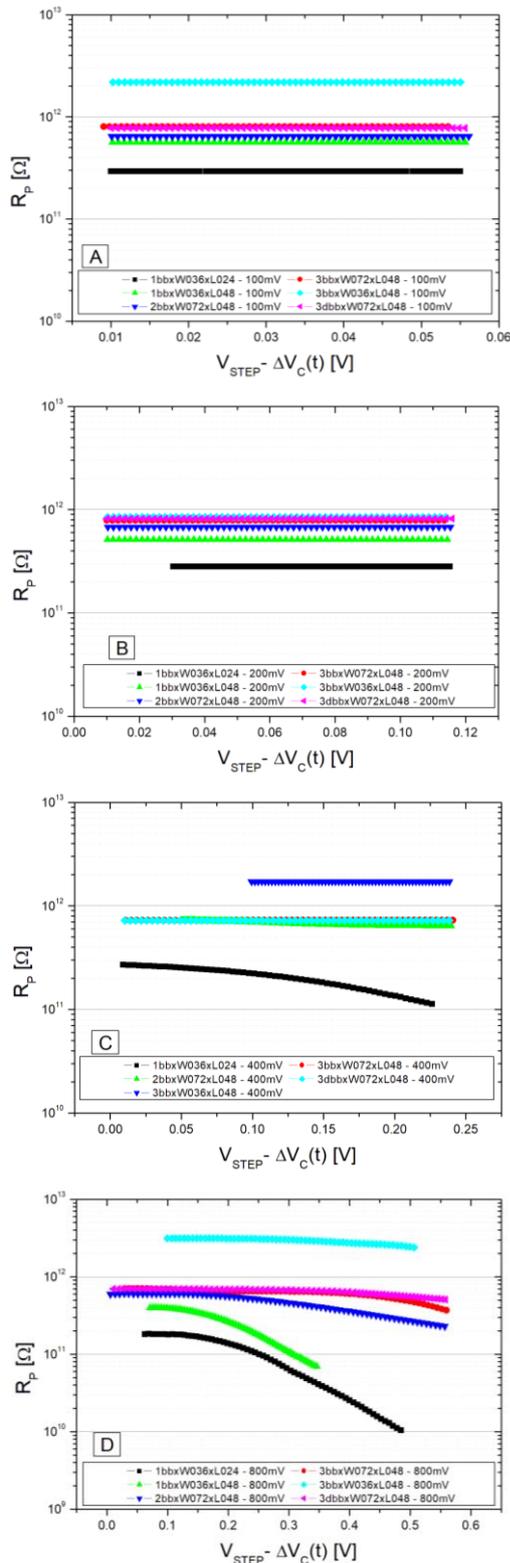


Figura 4 – Comparação das resistências dos pseudo-resistores em função da diferença de tensão para um, dois e três “back-to-back”, (a)  $V_i = 100\text{mV}$ , (b)  $V_i = 200\text{mV}$ , (c)  $V_i = 400\text{mV}$  e (d)  $V_i = 800\text{mV}$

Analisando os gráficos da figura 4, é perceptível uma semelhança no comportamento de saída para tensões de entrada de até 200 mV, onde os pseudo-resistores estão na região linear, com isso a resistência é considerada constante, possuindo um valor entre  $10^{11}$  e  $10^{12} \Omega$ .

Porém, em 400 mV, a resistência do pseudo-resistor com um “back-to-back” começa a decair, consideravelmente, em 120 mV, 150 mV, enquanto a resistência dos demais permanece constante. No gráfico (d) é possível analisar a influência do número de “back-to-back”, pois a diferença é bem notória, sendo que a resistência dos pseudo-resistores com dois e três “back-to-back” pode ser considerada constante até 400 mV, 450 mV, até mesmo 500mV, enquanto a resistência dos pseudo-resistores com um “back-to-back” é constante até 150 mV.

### 4. Conclusões

Nessa parte do trabalho foi apresentado um estudo sobre pseudo-resistor na tecnologia BicMOS. Foram realizados experimentos com o dispositivo, com diferentes larguras e comprimentos de canal, com um, dois e três back-to-back e variando a tensão de entrada. Analisando os gráficos, nota-se que a configuração back-to-back interfere bastante na faixa de valores de tensão que podemos trabalhar, com resistência constante (região de linearidade do dispositivo). Pseudo-resistor com três back-to-back consegue trabalhar até, aproximadamente, 500 mV, podendo-se obter também a alta e desejada resistência do dispositivo, chegando na faixa de  $10^{12} \Omega$ .

### 5. Referências

- [1] P.L. Benko, M. Galeti, C.F. Pereira, J.C. Lucchi, R. Giacomini. **Innovative approach for electrical characterisation of pseudo-resistor**. 2016. Electronics Letters, 8th December 2016, Vol. 52, No. 25, pp. 2031-2032
- [2] P.L. Benko, M. Galeti, C.F. Pereira, J.C. Lucchi, R.C. Giacomini. **Bio-Amplifier based on MOS bipolar Pseudo-Resistors: A New Approach using its non-linear characteristic**. 2016. Journal of Integrated Circuits and Systems 2016; v.11 / n.2:132-139.
- [3] P.L. Benko. **UMA NOVA ABORDAGEM DE PROJETO DE AMPLIFICADORES PARA BIOPOTENCIAIS BASEADOS EM PSEUDO-RESISTORES NÃO LINEARES**. 2016. Centro Universitário da FEI. São Bernardo do Campo.
- [4] Origin 7.0 SR0. v7.0220 (B220), 1991-2002.

### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos.

\* Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 12/17 a 11/18.