



## Referência de Tensão tipo Sub-Bandgap com Baixa Variabilidade Comportamental

Bolsista: João Vítor Cabrera Duarte

Orientador: Hamilton Klimach

### Introdução

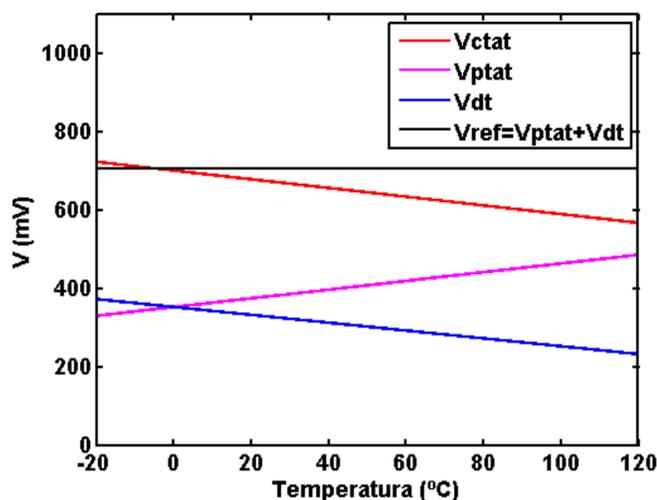
A referência de tensão é um circuito que provê uma tensão estável com baixa sensibilidade a variações de temperatura, alimentação, carga e características do processo de fabricação. Com o objetivo de aumentar a repetibilidade dessa classe de circuito foi implementado uma referência de tensão sub-bandgap, que foi simulada usando como tecnologia-alvo o processo de 180nm da X-FAB Silicon Foundries, cujas características principais são: sem resistores, baixa potência de operação e baixa variabilidade do coeficiente de temperatura.

### Circuito

O circuito utiliza um par diferencial desbalanceado como gerador PTAT (*proportional to absolute temperature*) atuando em um TJB (Transistor de Junção Bipolar) ligado como diodo que funciona como gerador CTAT (*complementary to absolute temperature*). A tensão  $V_x$  é obtida através de um circuito gerador de corrente específica, que tem a característica de ter baixa variabilidade comportamental.

O gerador PTAT tem uma inclinação positiva em relação à temperatura, ao contrário do gerador CTAT que tem uma inclinação negativa.

A tensão  $V_{PTAT}$  é resultante do somatório das tensões dentro do bloco PTAT. A tensão de referência  $V_{ref}$  é o resultado da soma das tensões  $V_{PTAT}$  e  $V_{CTAT}$ , minimizando a dependência térmica do circuito.



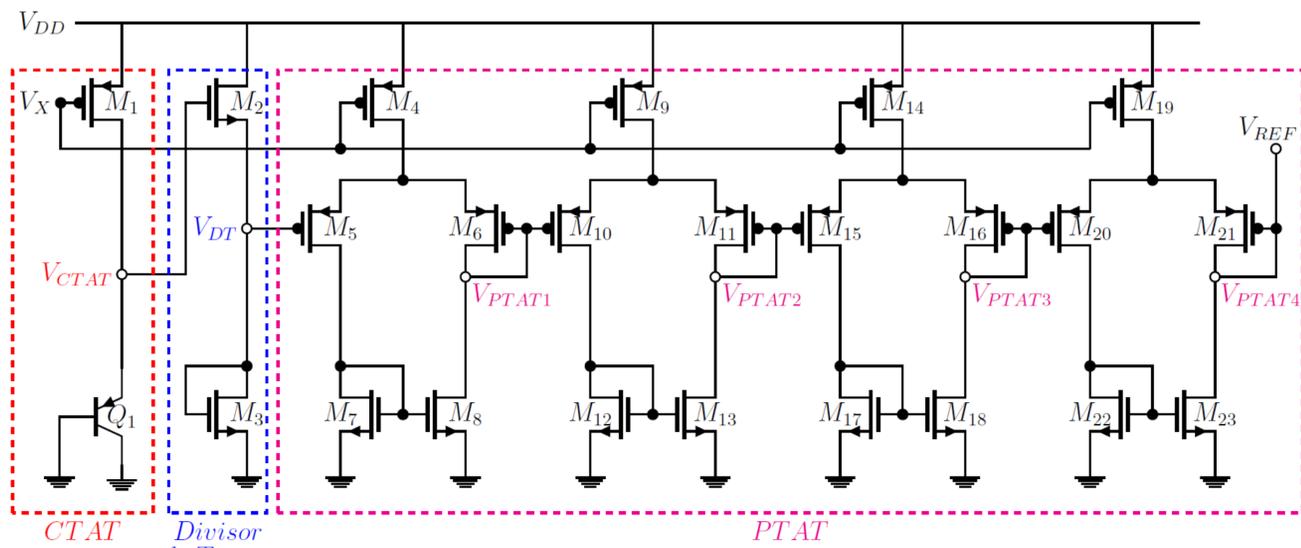
### Agradecimentos

Agradeço à Propesq e ao CNPq por tornarem possível essa pesquisa; Agradeço ao aluno de doutorado do PGMicro Rodrigo Ataíde, pela contribuição e importância no desenvolvimento deste projeto.

### Referências

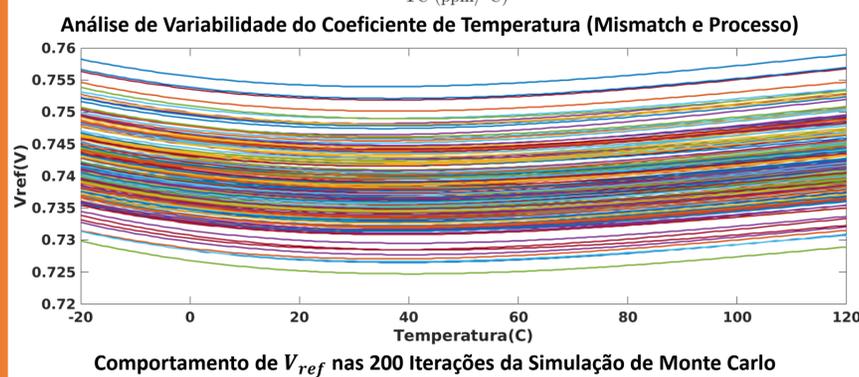
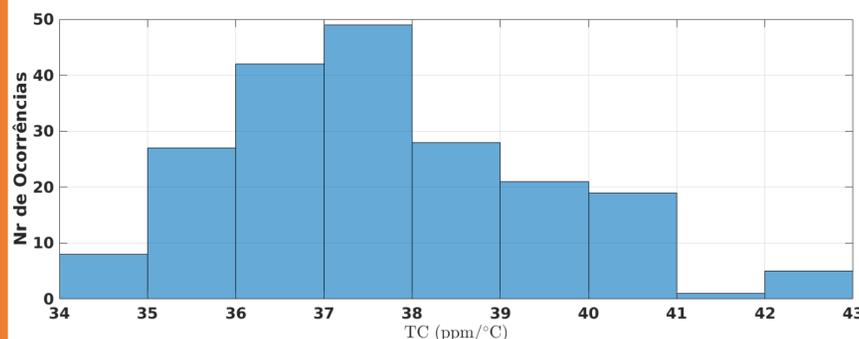
- [1] Klimach, H. *Mismatch model for MOS transistors*. Tese de doutorado, PPGEEL, UFSC, 2008;
- [2] Yuji Osaki ; Tetsuya Hirose , *1.2-V Supply, 100-nW, 1.09-V Bandgap and 0.7-V Supply, 52.5-nW, 0.55-V Subbandgap Reference Circuits for Nanowatt CMOS LSIs*, *IEEE Journal of Solid-State Circuits* 2013;
- [3] Henri J. Oguey; Daniel Aebischer, *CMOS Current Reference Without Resistance*, *IEEE Journal of Solid-State Circuits* 1997.

### Circuito Referência de Tensão



$$V_{REF} = \frac{V_{CTAT}}{2} + \sum_{n=1}^4 V_{PTAT_n}$$

### Resultados



A simulação mostra um consumo de 8.8uW de potência, apresentando uma média do coeficiente de sensibilidade térmica de 37,6ppm/°C, tendo a melhor amostra de 34,6ppm/°C e a pior de 42,81ppm/°C, confirmando a baixa variabilidade do coeficiente de temperatura.

A simulação também mostra uma média de  $V_{ref}$  de 738mV em 27°C, mas com uma diferença de até 15mV para as amostras com maior variabilidade.

### Conclusão

O circuito implementado apresentou por meio de simulação, coeficiente de sensibilidade térmica baixo com valor de variabilidade comportamental em âmbito de trabalhos apresentados em conferências internacionais mas, com valores de potência consumida não otimizados. A variabilidade comportamental da tensão de referência também teve resultado relevante.

### Continuação do Trabalho

- Baixar consumo de potência;
- Melhorar variabilidade da tensão de referência;
- Implementar circuito de compensação dos efeitos de segunda ordem;
- Implementação de circuito de trimming para calibração de tensão de referência.