



## Uma abordagem para otimização de posicionamento e roteamento de circuitos NML

Leandro Lázaro Araújo Vieira, Ruan Evangelista Formigoni, Ricardo Santos Ferreira, José Augusto Miranda Nacif - Universidade Federal de Viçosa - compus florestal

Nanotecnologia, Placement and Routing, FCN, NML

### Introdução

O NML da categoria FCN que utiliza nanomagnetos como ferramenta de criação de fios e elementos lógicos. Os nanoimãs funcionam de forma semelhante a ímãs convencionais. Dessa forma é possível criar fios e elementos lógicos que por sua vez criam circuitos computacionais, porém, existem grandes desafios envolvendo o uso dessa tecnologia na prática. Um dos principais desafios é criar ferramentas de placement and routing para NML, já que, não é possível utilizar as mesmas abordagens usadas no P&R do CMOS. Neste trabalho elaboramos uma biblioteca de células padrão (NanoSCL) na tentativa de auxiliar as ferramentas de P&R para NML

### Objetivos

Neste trabalho tentamos desenvolver uma biblioteca de células padrão para a tecnologia NML. Como já descrito anteriormente, as ferramentas de P&R para CMOS não podem ser reutilizadas para o NML. Um dos grandes desafios envolvendo essa tecnologia é criar novas ferramentas que atendam essa demanda. Nosso trabalho é uma tentativa de impactar nessa solução, já que, em tese uma biblioteca de células padrão serviria como uma camada de abstração do P&R

### Material e Métodos

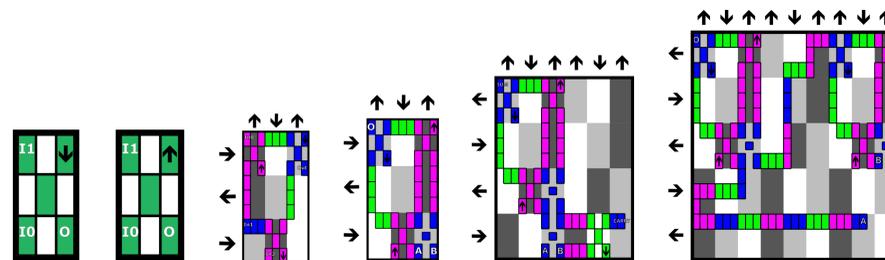
Para criar as células utilizamos a ferramenta NMLSIM 1.0 que serviu como meio de avaliarmos a eficácia das células projetadas. Enquanto desenvolvemos a biblioteca buscamos sempre reduzir ao máximo o tamanho das mesmas. Além disso, também buscamos manter as entradas e saídas em posições estratégicas pensando em auxiliar o trabalho das ferramentas de P&R.

### Apoio Financeiro

CNPq, CAPES e FAPEMIG

### Resultados e Discussão

Abaixo estão em sequência as portas AND, OR, XOR, MUX2:1 e os circuitos HALF-ADDER e CASCADE-XOR construídos com nossa biblioteca de células.



### Conclusões

Foi observada uma significativa melhora de área entre os circuitos utilizando de nossa biblioteca padrão e os que utilizavam bibliotecas genéricas. Além disso, conseguimos atingir nossos objetivos iniciais que eram de produzir uma biblioteca de células que fosse escalável.

### Bibliografia

- [1] J. Atulasimha and S. Bandyopadhyay, "Bennett clocking of nanomagnetic logic using multiferroic single-domain nanomagnets," *Applied Physics Letters*, vol. 97, no. 17, p. 173105, 2010.
- [2] D. Bhowmik, L. You, and S. Salahuddin, "Spin hall effect clocking of nanomagnetic logic without magnetic field," *Nature nanotechnology*, vol. 9, 11 2013.
- [3] R. E. Formigoni, O. P. V. Neto, and J. A. M. Nacif, "Bancs: Bidirectional alternating nanomagnetic clocking scheme," in 2018 31st Symposium on Integrated Circuits and Systems Design (SBCCI). IEEE, 2018, pp. 1–6.
- [4] A. Imre, G. Csaba, L. Ji, A. Orlov, G. Bernstein, and W. Porod, "Majority logic gate for magnetic quantum-dot cellular automata," *Science (New York, N.Y.)*, vol. 311, pp. 205–8, 02 2006.
- [5] S. Breikreutz, J. Kiermaier, I. Eichwald, X. Ju, G. Csaba, D. SchmittLandsiedel, and M. Becherer, "Majority gate for nanomagnetic logic with perpendicular magnetic anisotropy," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 48, no. 11, pp. 4336–4339, 2012.
- [6] L. Amaru, P.-E. Gaillardon, and G. De Micheli, "Majority-inverter graph: A novel data-structure and algorithms for efficient logic optimization," in 2014 51st ACM/EDAC/IEEE Design Automation Conference (DAC). IEEE, 2014, pp. 1–6.
- [7] L. Amaru, P. Gaillardon, and G. De Micheli, "Majority-inverter graph: A new paradigm for logic optimization," *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, vol. 35, no. 5, pp. 806–819, 2016.
- [8] G. Csaba and W. Porod, "Behavior of nanomagnet logic in the presence of thermal noise," in 2010 14th International Workshop on Computational Electronics. IEEE, 2010, pp. 1–4.
- [9] M. Vacca, M. Graziano, A. Chiolerio, A. Lamberti, M. Laurenti, D. Balma, E. Enrico, F. Celegato, P. Tiberio, L. Boarino et al., "Electric clock for nanomagnet logic circuits," in *Field-Coupled Nanocomputing*. Springer, 2014, pp. 73–110.
- [10] C. A. T. Campos, "A feasible clocking scheme (use) and a standard cells library (qca one) for future quantum-dot cellular automata," 2015.

### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.