

Fuzificador Analógico baseado em Lógica *Fuzzy* Tipo-2 Intervalar utilizando “*current steering*”

Gabriel A. F. Souza¹, Lester A. Faria¹, Rodrigo B. Santos¹, Paloma M. S. Rocha-Rizol²,

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos/SP,

² Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá/SP

{fanelli, lester}@ita.br, rodrigobhispo@gmail.com, paloma@feg.unesp.br

Resumo. O uso da lógica *fuzzy* tipo-2 intervalar para fins de controle requer a geração de funções de pertinência superior e inferior, as quais caracterizam a sua “mancha de incerteza”. Assim, o objetivo da presente pesquisa é desenvolver um fuzificador analógico intrinsecamente do tipo-2 e de baixa potência capaz de criar as diferentes formas de função de pertinência e que seja otimizado para aplicações em controladores que utilizem lógica *fuzzy* tipo-2 intervalar.

Palavras-chave: Fuzzy tipo-2; fuzificador; CMOS; controle.

Na Lógica *Fuzzy* original, atualmente chamada de tipo-1, um conjunto *fuzzy* consiste no mapeamento de cada ponto do “Universo de Discurso” em uma função de pertinência com valores entre 0 e 1. Quando a função de pertinência associa cada ponto do universo de discurso a um conjunto *fuzzy* tipo-1 fica então caracterizado um conjunto *fuzzy* tipo-2. No caso particular em que esses conjuntos vinculados do tipo-1 são uniformes, o conjunto é chamado de tipo-2 intervalar [1]. Nesse caso passa então a existir a chamada “mancha de incerteza”, área definida pelas funções de pertinência superior e inferior. Um controlador que utiliza este tipo de lógica é composto essencialmente por cinco blocos: Fuzificador, Inferência, Base de Regras, Tipo-redutor e Defuzificador. O Fuzificador, ponto focal desta pesquisa, é o responsável por receber um valor de entrada definido e convertê-lo em um conjunto *fuzzy* tipo-2, o qual é passado ao bloco de inferência que aplica as operações lógicas, definidas pelo conjunto de regras condicionais armazenadas na Base de Regras, gerando um conjunto *fuzzy* tipo-2. O circuito tipo-redutor transforma este conjunto *fuzzy* tipo-2 em *fuzzy* tipo-1, enquanto o defuzificador o transforma em um valor único na saída do controlador. Por trabalhar com um grau de incerteza adicional, os controladores que operam com a lógica *fuzzy* tipo-2 têm um potencial de melhor modelar/definir o comportamento esperado para o controlador quando comparado à lógica *fuzzy* tipo-1 [1].

Nesse contexto, o foco da presente pesquisa é o desenvolvimento de circuitos analógicos em tecnologia CMOS TSMC 0,18 μ m necessários à implementação do bloco fuzificador em modo corrente, capaz de operar com baixo consumo de potência e de forma otimizada em relação aos circuitos atualmente existentes na literatura, os quais se utilizam de adaptações de fuzificadores tipo-1 para criar as funções de

pertinência superior e inferior do *fuzzy* tipo-2 [2]-[4]. Os resultados conseguidos até o presente momento permitem afirmar que, por meio da técnica conhecida como “*current steering*”, conseguiu-se desenvolver um circuito analógico intrinsecamente do tipo-2 e, com isso, obter ganhos de potência e de área em um circuito integrado, atingindo desempenho elevado. O circuito foi simulado com sucesso no *Software Cadence*, mostrando que é possível criar as diferentes formas das funções de pertinência (Fig. 1), com baixo consumo de potência – máximo de 10% de outras implementações analógicas tipo-2, como apresentado por [2]-[4]. O CI foi projetado (Fig.2) e enviado para fabricação.

Como próximos passos, espera-se: *i.* caracterizar o circuito, validando-se o seu funcionamento; *ii.* avaliar o seu consumo de potência, comparando com outros na literatura; e, *iii.* implementar o fuzificador proposto como um dos módulos de um controlador fuzzy tipo-2 completo.

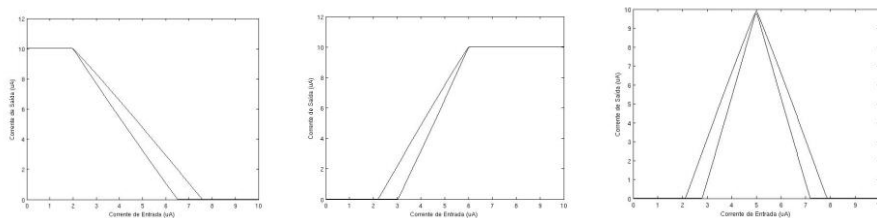


Fig. 1. Gráficos das diferentes funções de pertinência geradas. A corrente de saída de 10µA corresponde ao valor lógico 1.

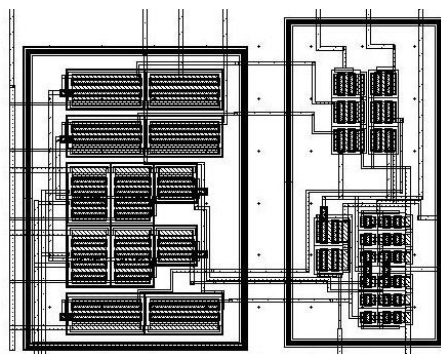


Fig. 2. Layout do circuito Fuzificador proposto enviado para prototipação

Referências

1. J. M. Mendel, H. Hagsras, W.W. Tan, W. W. Melek, and H. Ying, Introduction to Type-2 Fuzzy Logic Control, 1st ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2014.
2. P. M. S. Rocha-Rizol, L. Mesquita, O. Saotome, and G. Botura, “Hardware implementation of type-2 programmable fuzzifier,” in IEEE 2nd Latin American Symp. on Circuits and Systems (LASCAS), 2011, pp. 1–4.
3. H. Yazdanjouei, H. Feizy, A. Khoei, and K. Hadidi, “Design of a Fully Programmable Analog Interval Type-2 Triangular / Trapezoidal Fuzzifier,” in 19th Int. Conf. “Mixed Design of Integrated Circuits and Systems,” 2012, pp. 243–248.
4. M. Khosla, R. Sarin, and M. Uddin, “Design of an analog CMOS based interval type-2 fuzzy logic controller chip” Int. J. Artif. Intell. Expert Syst., v. 2, no. 4, pp. 167–183, 2011.