

Proposta de um Circuito Fuzificador Tipo-2 Intervalar com Incerteza na Largura

Isabelle Elisie da Silva Santos , Kevin Ishigaki Setio, Paloma Maria S. Rocha Rizol
¹ UNESP - Univ. Estadual Paulista, Dep. de Engenharia Elétrica, Campus de Guaratinguetá
isabelleelisie@hotmail.com , kevin_kisetio93@hotmail.com, paloma@feg.unesp.br

Resumo. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um circuito gerador de função de pertinência *fuzzy* tipo-2 triangular intervalar com incerteza na largura. A operação deste circuito ocorre no modo corrente, com alimentação de 3,3V e consumo de potência de 1,34mW. As simulações foram realizadas na tecnologia 0,13 μ m CMOS da IBM utilizando *software* Cadence.

Palavras-Chaves: Circuito gerador de função de pertinência, Lógica *fuzzy* tipo-2 , Controlador intervalar *fuzzy* tipo-2.

Em função da crescente demanda de implementação de sistemas embarcados, existe a necessidade de implementar controladores com respostas rápidas, que sejam compactos e tenham um baixo consumo de potência. Nesse contexto, os controladores *fuzzy* tipo-2 intervalar implementados em *hardware* analógico são um opção interessante. O Sistema de Inferência *fuzzy* tipo-2 intervalar consiste de cinco componentes: fuzificador, inferência, base de regras, tipo-redutor e defuzificador [1] (Figura 1) e possuem como principal característica a capacidade de trabalhar com a incerteza presentes, por exemplo, em sinais ruidosos. Isso ocorre devido a função de pertinência *fuzzy* tipo-2 intervalar possuir uma mancha de incerteza (FOU) [2].

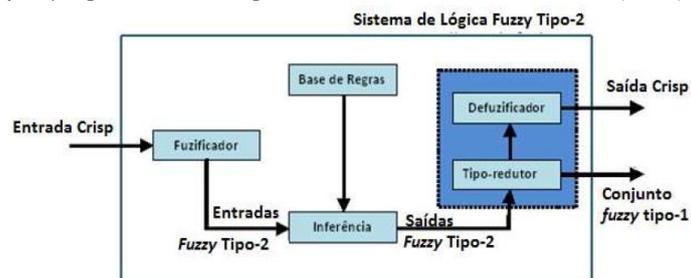


Figura 1 - Estrutura de um controlador *fuzzy* tipo -2 intervalar.

A FOU do conjunto *fuzzy* tipo-2 intervalar é delimitada por uma função de pertinência superior e inferior e tem como possíveis configurações: incerteza na posição e na largura (Figura 2) [2].

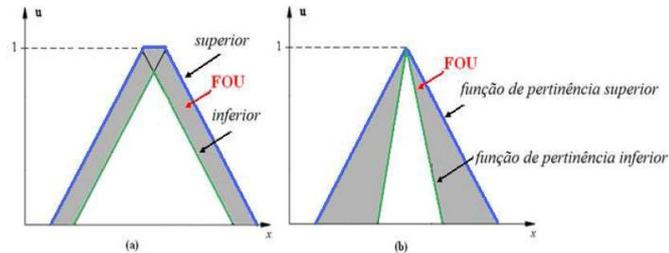


Figura 2 - Função de Pertinência *Fuzzy* tipo-2 com incerteza na: (a) posição (b) largura.

Na literatura foram propostos alguns circuitos fuzificadores tipo-2 intervalar com incerteza na posição [3-6]. Este artigo apresenta a arquitetura de um circuito gerador de função de pertinência *fuzzy* tipo-2 intervalar triangular com incerteza na largura, e fará parte de um controlador *fuzzy* tipo-2 intervalar de 2 entradas e 1 saída.

A arquitetura do fuzificador é composta por três blocos distintos (Figura 3) sendo: um circuito central, quatro circuitos escalonadores e dois circuitos somadores/ módulo. Estes circuitos foram projetados em modo corrente na tecnologia 0.13 μm IBM CMOS e todas as etapas do circuito (simulação, *layout* e simulação pós-*layout*) foram desenvolvidas utilizando o software *Cadence*.

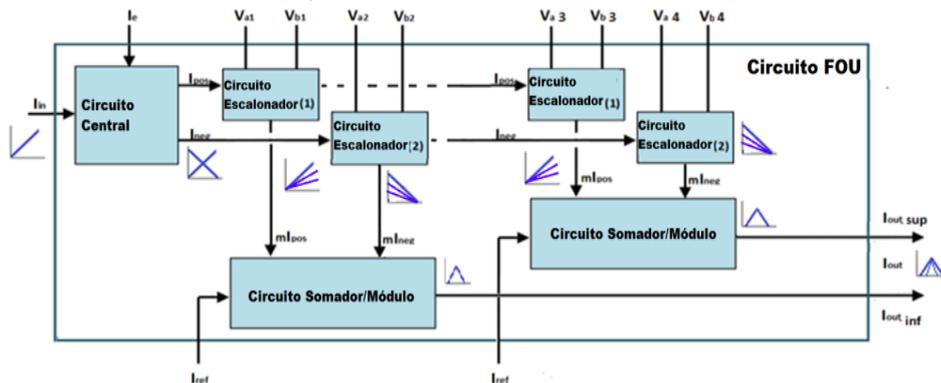


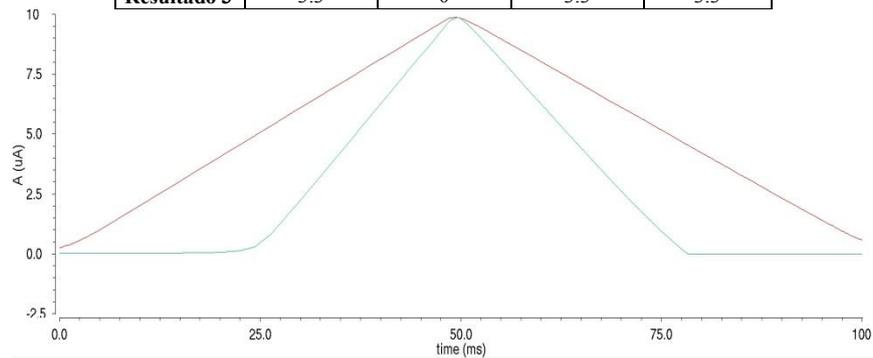
Figura 3 - Diagrama de Blocos do Circuito Fuzificador

A partir de uma corrente de entrada, I_{in} , o circuito central gera dois segmentos de reta com inclinações opostas, que variam linearmente entre 0 e 10 μA . Por meio dos escalonadores, estes segmentos obtêm inclinações distintas que podem variar de (1:1, 1:2 ou 1:3). O resultado deste circuito são introduzidos no circuito somador/ módulo, onde é obtida a função de pertinência triangular superior. A função de pertinência inferior é obtida da mesma forma. A saída do controlador são duas funções de pertinência com larguras diferentes. A largura da função de pertinência são programadas por meio das entradas de programação V_{an} e V_{bn} apresentada na Tabela I. A corrente I_{ref} define o valor da altura máxima que o sinal pode alcançar.

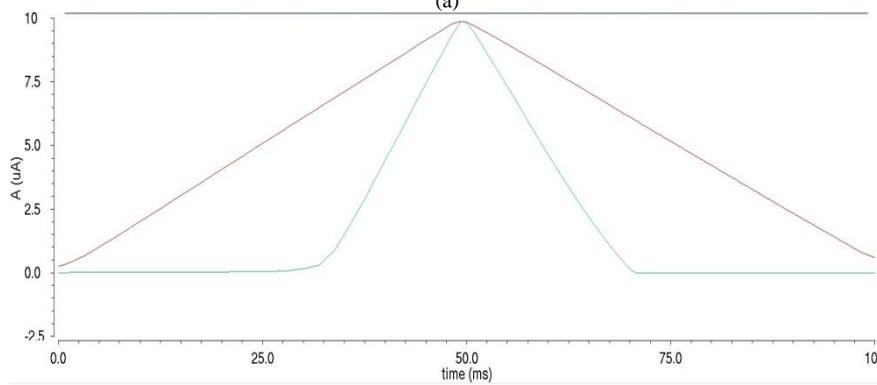
Os resultados de simulação obtidos da programação do circuito fuzificador tipo-2 intervalar são apresentados na Figura 4. A Figura 5 apresenta o *layout* do circuito fuzificador tipo-2 intervalar, possuindo área de 200 μm x 111.61 μm .

TABELA I. TABELA DE PROGRAMAÇÃO DA INCLINAÇÃO DE CADA RESULTADO DO CIRCUITO FUZIFICADOR

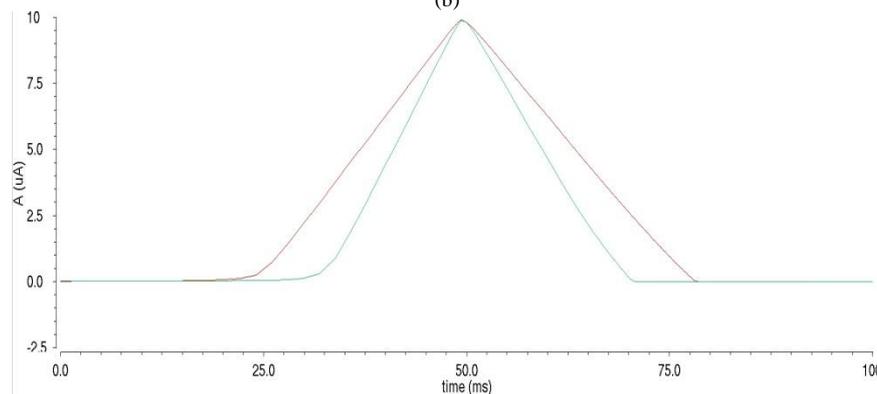
| Função Triangular | V_{a1} / V_{b1} (V) | V_{a2} / V_{b2} (V) | V_{a3} / V_{b3} (V) | V_{a4} / V_{b4} (V) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Resultado 1 | 0 | 0 | 3.3 | 0 |
| Resultado 2 | 0 | 0 | 3.3 | 3.3 |
| Resultado 3 | 3.3 | 0 | 3.3 | 3.3 |



(a)



(b)



(c)

Figura 4 - .Resultados de simulação pós layout do circuito fuzificador (a) resposta 1 (b) resposta 2 (c) resposta 3.

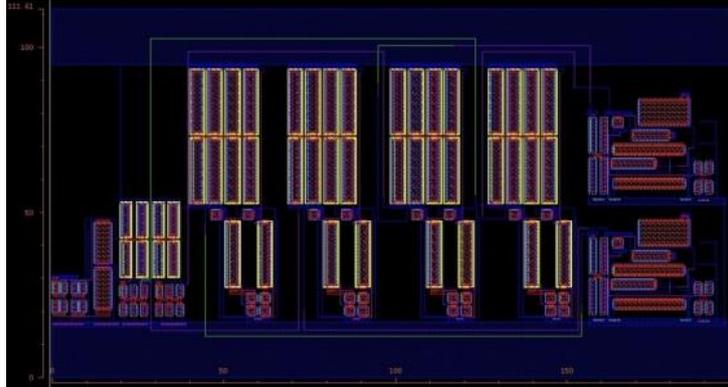


Figura 4 - Layout circuito fuzificador tipo-2 .

Por meio desse trabalho foi possível validar a arquitetura do circuito fuzificador tipo-2 intervalar com incerteza na largura. Este circuito gera funções de pertinência *fuzzy* tipo-2 intervalar triangular. A programação deste circuito pode ser feita por meio das entradas de controle V_{an} e V_{bn} , como apresentado na Tabela I. Por meio dos resultados simulados do circuito, na tecnologia IBM 0,13 μ m CMOS, pode-se verificar que o circuito pode ser utilizado como o módulo de entrada do controlador *fuzzy* tipo-2 intervalar.

Referências

1. J. M. Mendel, *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions*, Prentice-Hall, Upper-Saddle River, NJ, 2001.
2. O. Castillo, P. Melin, *Type-2 Fuzzy Logic Theory and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
3. P. M. Rocha-Rizol; L. Mesquita; O Saotome, G. Botura, *Hardware Implementation of Type-2 Programmable Fuzzifier*. IN: IEEE - LASCAS, 2011.
4. H. Yazdanjouei, H. Feizy, A. Khoei, K. Hadidi. *Design of a Fully Programmable Analog Interval Type-2 Triangular/Trapezoidal Fuzzifier*. IEEE MIXDES, 2012.
5. Mesri, A.; A. Khoei; Khayrollah Hadidi. "Design of a current-mode fully programmable Interval Type-2 fuzzifier for general-purpose applications." *Electrical Engineering (ICEE), 2013 21st Iranian Conference on*. IEEE, 2013.
6. KHOSLA, Mamta et al. *Analog realization of fuzzifier for IT2 fuzzy processor*. In: *Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd International Conference on*. IEEE, 2011.