

SUAVIZAÇÃO DE RUÍDO DE SINAL ANALÓGICO COM FILTRO LPA2V EM MICROCONTROLADOR

ARNALDO DE CARVALHO JR¹, JOÃO INACIO DA SILVA FILHO², MAURICIO C. MARIO³

¹ Mestre em Eng. Mecânica (UNISANTA 2017), Professor/pesquisador IFSP, Cubatão, adecarvalhojr@ifsp.edu.br.

² Pós-doutorado em Sistemas de Computadores (INESC – PORTO 2009), Doutor em Eng. Elétrica (POLI USP 2001), Professor/pesquisador na UNISANTA, Santos-SP, inacio@unisanta.br.

³ Doutor em Ciências (FMUSP 2006), Professor/pesquisador da UNISANTA, Santos-SP, cmario@unisanta.br. Eletrônica Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos, 3.04.05.02-5.

Apresentado no 8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2017
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão - SP, Brasil

RESUMO – A lógica paraconsistente (LP) e suas extensões, pertencem as lógicas não clássicas e apresentam uma vasta perspectiva de pesquisas de aplicação em novas tecnologias onde o tratamento de sinais contraditórios pode ser uma vantagem. Uma variação da LP é a Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de 2 valores (LPA2v). É possível construir células neurais artificiais paraconsistentes (CNAP) a partir do algoritmo e equações da LPA2v. A Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem por Extração do Efeito da Contradição (CNAPapxct) é um tipo de CNAP cujo comportamento é o de aprender qualquer sinal real aplicado em sua entrada, dentro de uma faixa normalizada fechada. Essa célula pode ser útil na análise e processamento de sinais. O presente trabalho tem objetivo de utilizar uma rede neural artificial paraconsistente (RNAP) formada por CNAPapxct em cascata, como de filtro de média móvel, denominado Filtro LPA2v, a fim de suavizar o ruído presente em sinais analógicos de variáveis de processos industriais. A simplicidade da estrutura do Filtro permite que o mesmo seja construído com baixo consumo de recursos computacionais.

PALAVRAS-CHAVE - Filtro LPA2v; LPA, CNAP, RNAP

NOISE SMOOTHING OF ANALOG SIGNAL WITH PAL2V FILTER IN MICROCONTROLLER

ABSTRACT – The paraconsistent logic (PL) and its extensions, are part of non-classical logics and present a vast perspective of researches of application in new technologies where the treatment of contradictory signals may be advantageous. One extension of the PL is the paraconsistent annotated logic with annotation of 2 values (PAL2v). It's possible to build paraconsistent artificial neural cell (PANcell) from the algorithm and equations of the PAL2v. The Paraconsistent Artificial Neural Cell of Learning by extraction of the contradiction effect (PANcellxct) is a type of PANcell whose behavior is to learn any real value applied to its input, within a normalized closed range. This cell can be used in signal analysis and processing. The present paper has the aim to use a Paraconsistent Artificial Neural Network (PANnet), made by CNAPapxct in cascade, as a median filter, called PAL2v Filter, in order to smooth the noise present in analog signals of industry process variables. The simplicity of the filter's structure allows it to be built with low computation resources consumption.

KEYWORDS – PAL2v Filter; PAL; PANcell; PANnet.

INTRODUÇÃO

Um filtro seleciona ou remove características indesejáveis de um sinal, tais como alguns componentes de frequência, interferência ou ruído de fundo. Técnicas de filtragem não linear, tais como dos filtros de média, apresentam resultados bastante satisfatórios na remoção de ruídos impulsivos, principalmente ruído de processamento de imagens (*Salt and Pepper Noise*) e ruído impulsivo de valor randômico (DEKA & BAISHNAB, 2012). Novas técnicas com baixo custo computacional são necessárias para aumentar a eficiência no processo de remoção de ruídos. Neste trabalho procura-se essa eficiência ao se propor um filtro de sinais que utiliza algoritmos fundamentados em Lógica

Paraconsistente Anotada (LPA) que trabalha com situações onde uma sentença e sua negação podem ambas serem verdadeiras. Além dos estados lógicos verdadeiro (V) e falso (F), outros estados são possíveis para uma proposição, tais como, o inconsistente (T) e o indeterminado (\perp) (DA SILVA FILHO, LAMBERT-TORRES e ABE, 2010). Quando múltiplas inferências apresentam inconsistências, a LPA, em sua forma de anotação com dois valores (LPA2v), tem ajudado a resolver conflitos através do conhecimento de evidências (DA COSTA et al, 1999).

Uma Célula Neural Artificial Paraconsistente (CNAP) consiste de um algoritmo baseado no conjunto de equações e na interpretação do reticulado associado à LPA2v, que faz o tratamento de sinais através de iterações (CARVALHO JR et al, 2017). Derivada da CNAP, a CNAP de Aprendizagem (CNAPap), pode ser utilizada para reconhecer padrões (DA SILVA FILHO, 2007). Uma rede de CNAPapxct (uma variação da CNAPap por extração da contradição) interligadas em cascata pode ser usada para a extração da média de uma variável, chamado de Filtro LPA2v (CARVALHO JR, 2017). Este estudo apresenta os resultados de um Filtro LPA2v, desenvolvido em *Hardware*.

MATERIAL & MÉTODOS

O Filtro LPA2v proposto consiste de até 4 células cNAPapxct em cascata, formando uma RNAP, construídas na forma de programa de ARDUÍNO® UNO, com microcontrolador ATMEGA 328, conforme Figura 1. O hardware proposto permite a seleção de 1 a 4 células em cascata, na forma de seleção de 2 bits (CH1 e CH2), o ajuste do Fator de Aprendizagem - F_A do filtro e a taxa de amostragem F_o do sinal na porta de entrada analógica do microcontrolador. O F_A varia entre 0 e 5 V e necessita também ser normalizado entre 0 e 1 de acordo com a LPA.

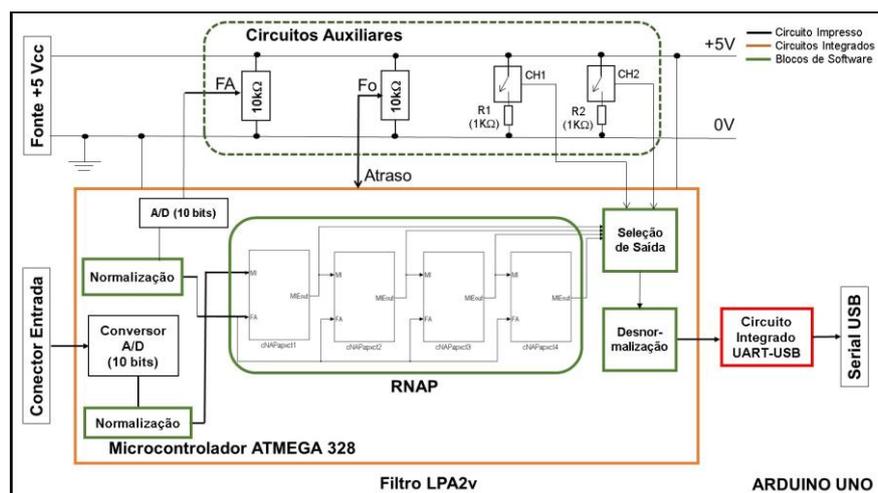


FIGURA 1. FILTRO LPA2v PARA SINAIS ANALÓGICOS EM ARDUÍNO (CARVALHO, 2017)

O sinal analógico deve estar limitado entre 0 e 5 V, sendo aplicado a um conversor A/D de 10 bits interno no microcontrolador. Os valores do sinal analógico entre 0 e 1023 devem ser normalizados entre 0 e 1, conforme a LPA2v, antes de ser entregue ao filtro para tratamento. O sinal de saída do filtro (grau de evidência resultante - μ_E) deve passar pelo processo inverso de normalização para apresentar a grandeza analógica filtrada, sendo em seguida enviado pelo conector serial para o computador.

Os ensaios foram realizados com sensor de temperatura LM35, conectado à entrada analógica do microcontrolador, conforme figura 13 do *datasheet* do fabricante (TEXAS INSTRUMENTS, 1999). E utilizado o software SerialChart (BALUTA, 2017) para visualização no computador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se energizar o circuito o mesmo já começa a realizar as medições de temperatura, filtrar e enviar os dados para o computador. Um exemplo de sinal bruto de temperatura e o valor suavizado pelo Filtro LPA2v pode ser visto na Figura 2. A Figura 3 apresenta o resultado do gráfico de forma ampliada.

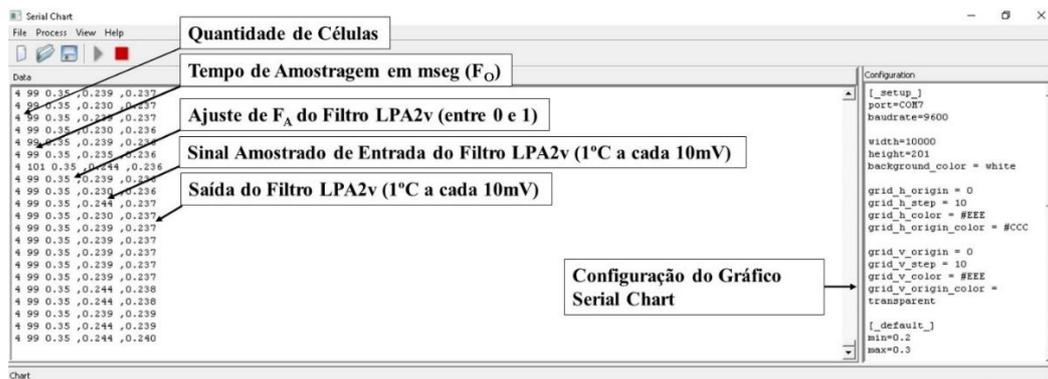


FIGURA 2. Sinal Entrada Sensor Temperatura, Saída Filtro LPA2v, Software SerialChart

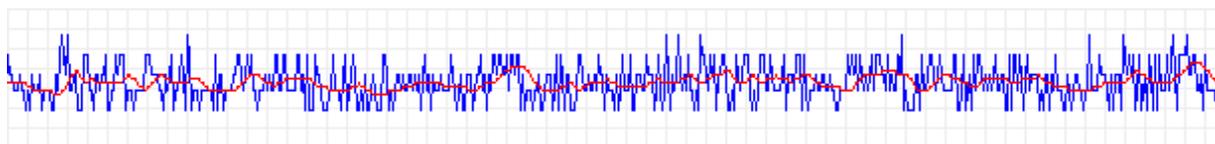


FIGURA 3. Gráfico da Variável de Temperatura Bruta e saída do Filtro LPA2v no SerialChart.

O loop do algoritmo do Filtro LPA2v foi desenvolvido com um fator de atraso variando entre 0 a 2000 mseg, (e de amostragem da entrada analógica) entre 0,5 Hz e 10 kHz, permitindo sinais de entrada entre 0,25 Hz e 5 kHz. Nos ensaios, a relação entre a frequência de corte do filtro e a de amostragem do filtro variou entre 0,70% para 4 células com F_A de 0,1 a 58% com 1 célula apenas e F_A de 0,9.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi alcançado e um Filtro LPA2v foi construído com algoritmo de baixa complexidade e baixo consumo de recursos computacionais, podendo ser aplicado na filtragem de variáveis analógicas utilizadas em processos industriais, que estejam contaminadas por ruído, interferência e inconsistências.

REFERÊNCIAS

- BALUTA, S. SerialChart. Disponível em: <http://www.starlino.com/serialchart>, acessado em 03/08/2017.
- CARVALHO JR, A. Proposta de Estimador de Qualidade de Enlace em Redes de Sensores Industriais Sem Fio Utilizando Rede Neural Artificial Paraconsistente. 2017. 113f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Universidade Santa Cecília – UNISANTA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos – SP, 2017.
- CARVALHO JR, A., et al. Célula Neural Artificial Paraconsistente utilizada como um Módulo Redutor de Ruídos em Sinais com Amplitudes oscilantes. Unisanta Science and Technology, no 1, vol 6, Jul, 2017.
- DA COSTA, N. C. A., et al. “Lógica Paraconsistente Aplicada”, Editora Atlas, São Paulo, Brasil, 1999.
- DA SILVA FILHO, J. I. “Introdução as Células Neurais Artificiais Paraconsistentes”, Revista Seleção Documental, no. 8, Dez, 2007.
- DA SILVA FILHO, J. I. Lógica Paraconsistente e Probabilidade Pragmática no Tratamento de Incertezas. Revista Seleção Documental, n. 9, a.3, p.16-27, 2008.
- DA SILVA FILHO, J. I. Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, v. 4, pp. 144-153, May, 2012.
- DA SILVA FILHO, J. I., LAMBERT-TORRES, G. e ABE, J. M. Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic - Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks. IOS Press, p.328 pp. Volume 211, Netherlands, 2010.
- DEKA, B. and D. BAISHNAB, D. “A Noncausal Linear Prediction Based Switching Median Filter for the Removal of Salt and Pepper Noise”, ACEEE Int. J, on Signal & Image Processing, Vol. 03, no. 01, Jan, 2012.