A simulação eletrônica de neurônios e redes neurais

LUCAS REICHERT [1], THOMAS BRAUN [2]

1 Lucas Reichert , Engenharia Elétrica, UFRGS
2 Thomas Braun

Salão UFRGS 2013 — CONHECIMENTO FORMAÇÃO INOVAÇÃO
UFRGS PROPESQ — XXV SIC Salão Iniciação Científica
CET - Ciências Exatas e da Terra

INTRODUÇÃO

A pesquisa tem como intenção desenvolver, de uma forma integrada, a caracterização das propriedades caóticas de sistemas dinâmicos com a finalidade de identificar os processos relevantes para a implementação do controle de caos e da sincronização de osciladores caóticos. Para isso, foi empregado como sistema dinâmico o neurônio e estudados os modelos integra-dispara, McCulloch-Pitts e Hindmarsh-Rose. No último caso temos um sistema que em si já é complexo, podendo ser caótico. Os demais casos, isoladamente, são sistemas simples, mas um comportamento complexo pode advir da associação de vários desses sistemas dando origem a uma rede neural.

MÉTODO

Começou-se pesquisando modelos do tipo integra-dispara [1] e McCulloch-Pitts [2] para gerar a rede de neurônios, por possuirem uma abordagem de funcionamento similar. No modelo McCulloch-Pitts, a cada instante o neurônio está ou não está disparando. A rede neural é constituída por linhas direcionadas (inspiradas nas sinapses), sem pesos, ligando os neurônios. Cada neurônio só dispara se a entrada total chegando a ele for maior ou igual a um determinado valor. O modelo integra e dispara, de forma similar, é definido em termos de correntes tempo-dependente que interagem entre si simulando o potencial de membrana do neurônio em questão, que é a saída. Quando o potencial atinge certo limiar estabelecido ocorre um disparo, o potencial é abruptamente elevado, e no passo seguinte retorna ao valor correspondente ao potencial de repouso. Foi criado um circuito pra simular o neurônio (fig.1).

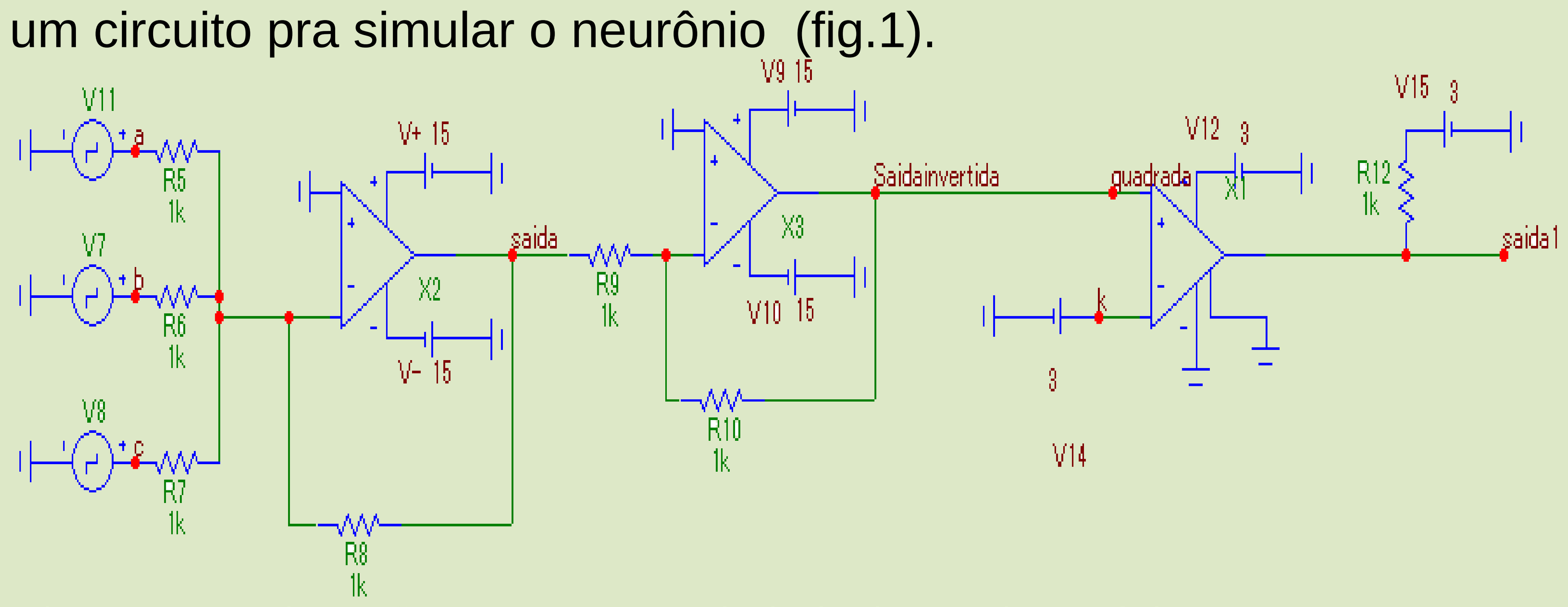

Fig. 1 – Fontes de tensão representam os sinais de sinapse do neurônio.

Esse modelo se aproximava ao comportamento esperado para a sinapse da rede neural (ver resultados) estudado, mas não o definia precisamente. Por conta disso, partiu-se para uma tentativa de representar o neurônio pelo sistema de Hindmarsh-Rose [3], que é um modelo matemático de neurônios biológicos mais complexo, do tipo trem de pulsos. Ele modela o potencial de membrana frente a uma corrente elétrica, injetada externamente, ao longo da célula.

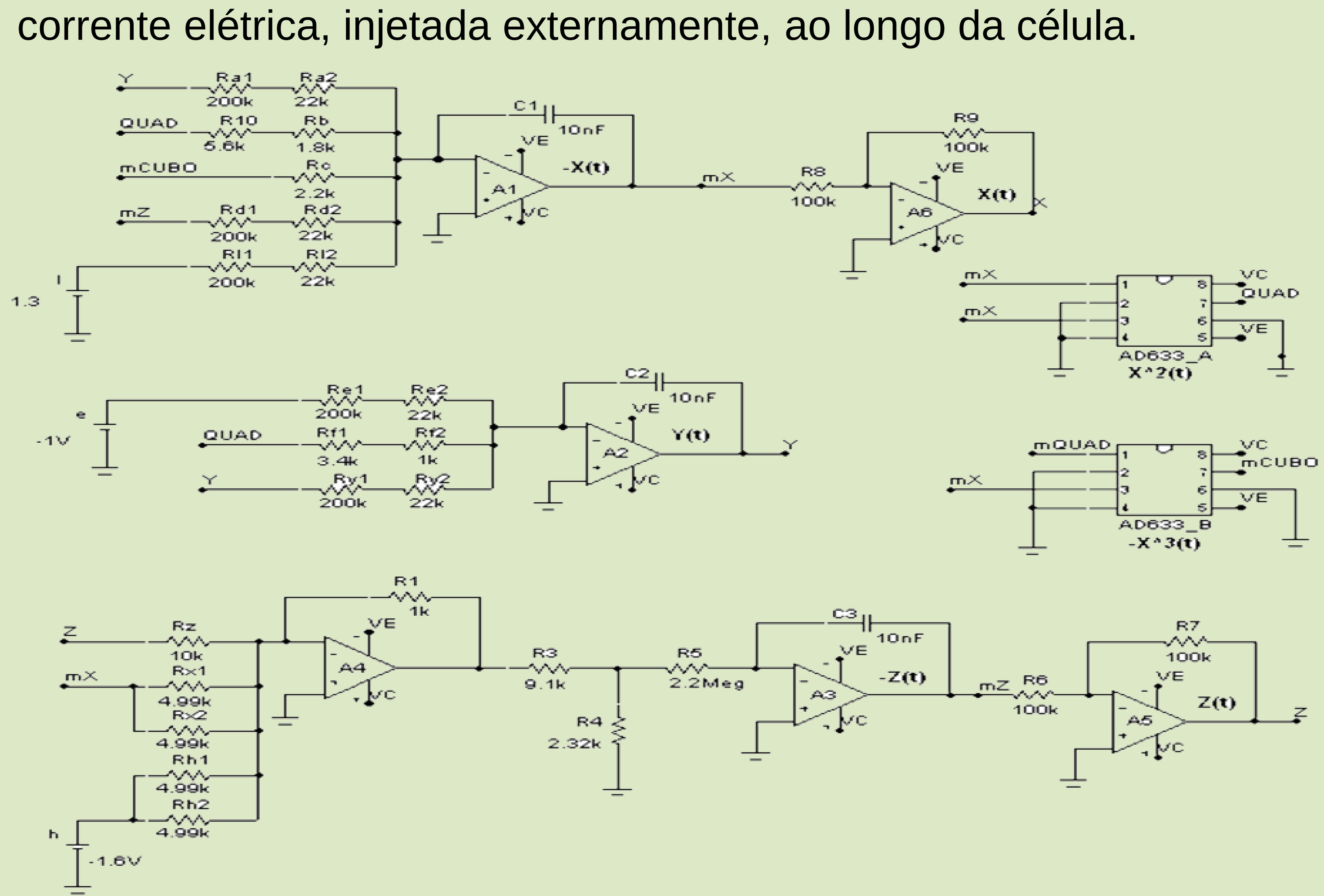

Fig. 2 – Circuito para representação de neurônio pelo sistema de Hindmarsh-Rose.

Ele caracteriza o neurônio através de parâmetros que representam propriedades biológicas presentes nos neurônios reais, como a concentração de íons e a corrente através da membrana. O sistema é descrito por um conjunto de quatro equações diferenciais de primeira ordem.

$$\frac{dx}{dt} = y(t) - ax^3(t) + bx^2(t) + I - z(t) \quad [1] \qquad \frac{dy}{dt} = c - dx^2(t) - y(t) \quad [2]$$

$$\frac{dz}{dt} = r[-z(t) + S(x(t) - h)] \quad [3] \qquad \frac{dw}{dt} = v[-kw(t) + r(y(t) + l)] \quad [4]$$

Desenvolveu-se para o Microcap um circuito utilizando um modelo onde o sistema é formado pelas três primeiras equações (fig. 2). Com esse circuito obteve-se os resultados desejados, e após a simulação no Microcap ter sido bem sucedida, foi montado o circuito experimental com componentes reais, o qual foi analisado com o osciloscópio (fig. 4) e observou-se que o sistema real respondia com os mesmos resultados.

RESULTADOS E CONCLUSÃO

Os resultados estão resumidos nas figs. 3 e 4. Para continuar com esse estudo, será utilizado um microcontrolador arduino Uno para controlar potenciômetros digitais, o que dará a capacidade de obter um mapeamento mais preciso do comportamento (periódico ou caótico) dos circuitos, observando como eles reagem a pequenas e constantes alterações de determinadas parâmetros. Uma outra abordagem ainda será testada, onde será criada uma rede neural utilizando um programa desenvolvido para o microcontrolador citado.

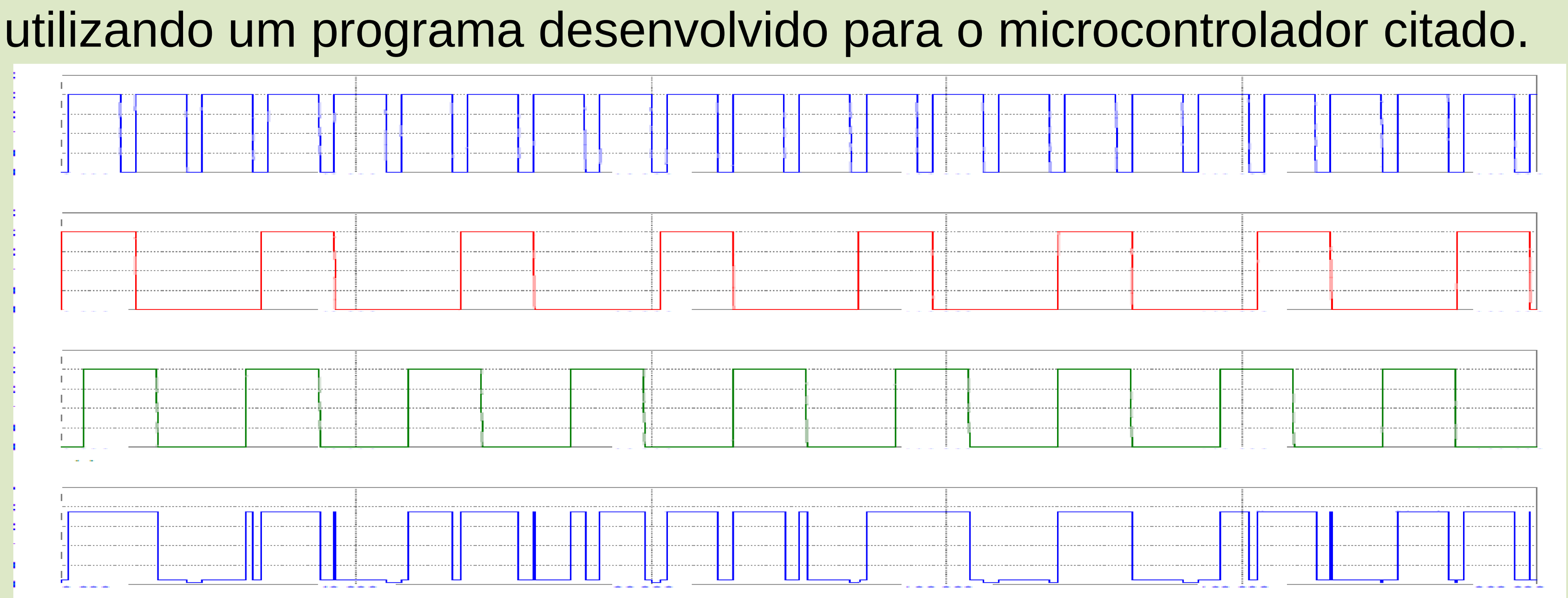

Fig. 3 – As três primeiras formas de onda são referentes às fontes de tensão de entrada e a quarta é a “saída1” do circuito da fig. 1.

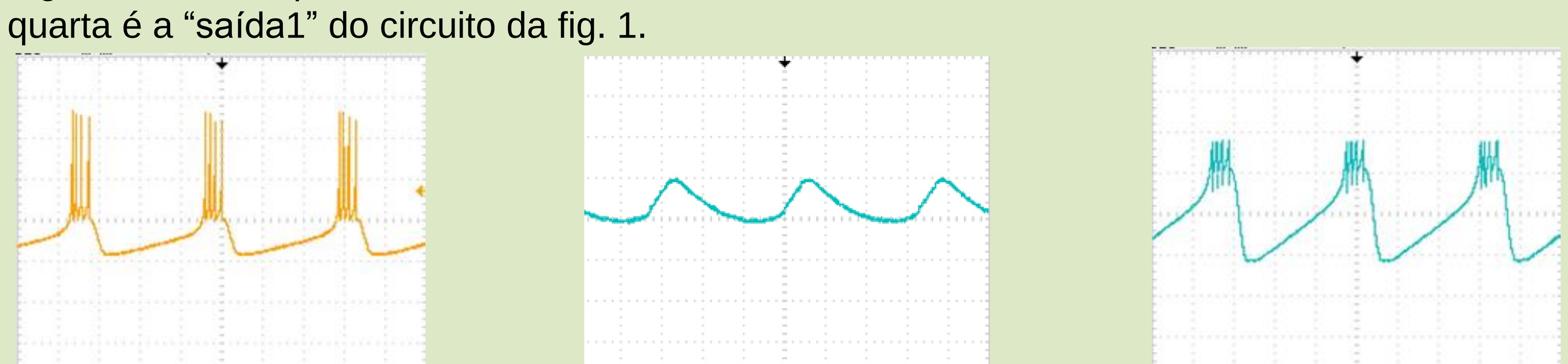

Fig. 4 – Variáveis x, y e z, respectivamente, referente ao circuito da fig. 2.

REFERÊNCIAS

1. L. F. Abbott, Lapicque’s introduction of the integrate-and-fire model neuron (1907).Brain Research Bulletin, 50, 303–304, (1999).

2. W. McCulloch e W. Pitts, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, 7, 115-133, (1943).

3. J. L. Hindmarsh e R. M. Rose, A model of the nerve impulse using two first-order dfferential equations. Nature, Lond. 296, 162-164, (1982).

25 anos

MODALIDADE DE BOLSA INICIAÇÃO CIENTÍFICA (BIC)