

# APPROSSIMAZIONE E RIDUZIONE DEL MODELLO DI NEURONE DI HODGKIN E HUXLEY BASATA SU TECNICHE DI MULTIRISOLUZIONE

*Mauro Parodi, Marco Storace*

Università di Genova, Dipartimento di Ingegneria Biofisica ed Elettronica  
Via Opera Pia 11A, 16145 Genova

Il problema di trovare realizzazioni circuitali di ridotte dimensioni e a basso consumo riveste una grande importanza in applicazioni relative alla emulazione circuitali di neuroni e di reti di neuroni. Tale problema può essere diviso in due sottoproblemi strettamente connessi [1]. Il primo riguarda la modellistica (all'interno di una classe ben definita di modelli) di funzioni note o delle quali sia disponibile almeno un insieme significativo di campioni (insieme di regressione). Il secondo è la definizione di una tecnica di sintesi circuitali che possa essere applicata ad un'ampia classe di modelli.

Da qualche anno, l'unità di ricerca di Genova fa riferimento a una classe di modelli lineari a tratti (PWL) per approssimare funzioni continue e definite su domini compatti: la scelta è motivata dalle buone proprietà di approssimazione e dalla sintesi circuitali diretta che tale classe ammette. Recentemente, è stato realizzato un prototipo circuitali del modello di neurone di Hindmarsh-Rose [2] che sfrutta tali approssimazioni.

I modelli PWL [3,4] sono basati su partizioni a priori del dominio della funzione da approssimare, mediante triangolazioni di tipo 1, dette anche partizioni simpliciali. L'efficienza computazionale di tali modelli è limitata principalmente da questo vincolo, che impone una risoluzione unica su tutto il dominio. D'altro canto, la semplicità della loro formulazione teorica permette di applicare le approssimazioni PWL a funzioni definite su domini di dimensioni arbitrarie, almeno in linea di principio.

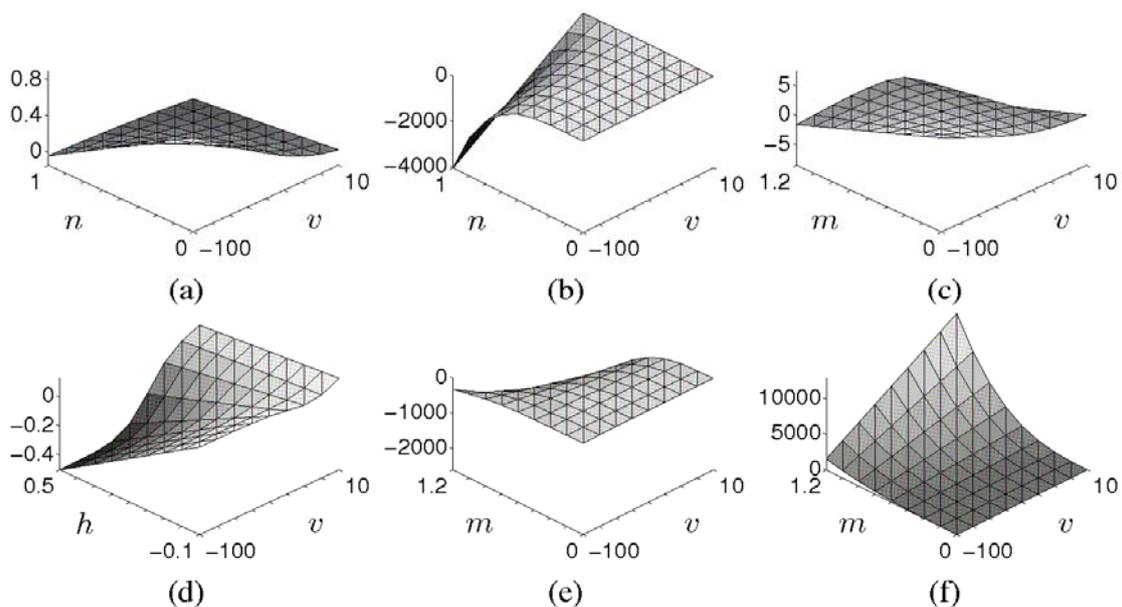


Figura 1

In [5,6], un metodo multirisoluzione per l'approssimazione di funzioni di 2 variabili è stato generalizzato a funzioni con domini di dimensione arbitraria. Inoltre è stata proposta un algoritmo di compressione per la riduzione del modello ottenuto, che permette da un lato di migliorare ulteriormente l'efficienza computazionale dei modelli multirisoluzione rispetto a quelli a singola risoluzione e dall'altro di ridurre la complessità del circuito corrispondente. In [6] il metodo è stato applicato all'approssimazione del modello della membrana di un neurone biologico proposto da Hodgkin e Huxley [7]. Figura 1 mostra la ricostruzione di alcune non linearità del modello, mentre figura 2 mostra la simulazione del comportamento dinamico del modello approssimato a confronto con quella relativa al modello originale.

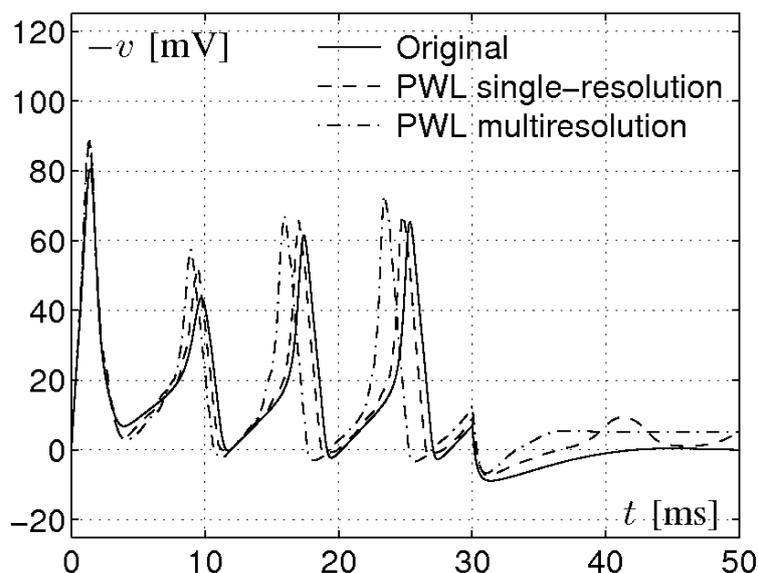


Figura 2

### Riferimenti bibliografici

- [1] M. Storace, P. Julián, and M. Parodi, "Synthesis of nonlinear multiport resistors: a PWL approach," *IEEE Transactions on Circuits and Systems—I*, vol. 49, pp. 1138–1149, 2002.
- [2] T. Poggi, A. Sciutto, M. Storace, "Piecewise linear implementation of nonlinear dynamical systems: from theory to practice," *Electronics Letters*, vol. 45, n. 19, pp. 966–967, 10 September 2009.
- [3] P. Julián, A. Desages, and B. D'Amico, "Orthonormal high level canonical PWL functions with applications to model reduction," *IEEE Trans. on Circuits and Systems—I*, vol. 47, pp. 702–712, 2000.
- [4] M. Storace, L. Repetto, and M. Parodi, "A method for the approximate synthesis of cellular nonlinear networks - Part 1: Circuit definition," *Int. J. of Circuit Theory and Appl.*, vol. 31, pp. 277–297, 2003.
- [5] M. Gaggero, M. Parodi, M. Storace, "Multiresolution PWL approximations," in *Proceedings of the European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD'05)*, Cork, Ireland, August 29th - September 2nd, 2005, paper 051.
- [6] M. Parodi, M. Gaggero, M. Storace, "Piecewise linear approximations of multivariate functions: a multiresolution-based compression algorithm suitable for circuit implementation," sottoposto per la pubblicazione a *Applied Numerical Mathematics*.
- [7] A. Hodgkin, A. Huxley, "A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve," *J. Physiol.-London* 117, pp. 500–544, 1952.