



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00411

(22) Data de depozit: 23/06/2017

(41) Data publicării cererii:
28/12/2018 BOPI nr. 12/2018

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• HULEA MIRCEA, STR.I.C. BRĂȚIANU
NR.36, BL.B 1, SC.B, AP.8, IAȘI, IS, RO

(54) METODĂ PENTRU REÎMPROSPĂTAREA PONDERILOR
SINAPSELOR ANALOGICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru reîmprospătarea ponderilor sinapselor analogice prin reactivarea neuronilor care includ aceste sinapse, metoda putând fi implementată pentru sinapsele artificiale care stochează ponderile sinaptice sub formă de sarcină electrică în condensatoare și este utilă pentru compensarea variației sarcinii din condensatoare datorată curenților de scurgere. Metoda conform invenției constă în reactivarea neuronilor la intervale fixe de timp, prin intermediul unui singur generator (GID) de impulsuri dreptunghiulare, conectat direct la un divizor de tensiune, care generează potențialul de repaus al neuronilor artificiali incluși într-o rețea (RNA) neuronală artificială, generatorul (GID) furnizând un semnal periodic care are o valoare pozitivă o perioadă de timp suficient de lungă pentru a permite activarea neuronilor și valoarea zero în rest.

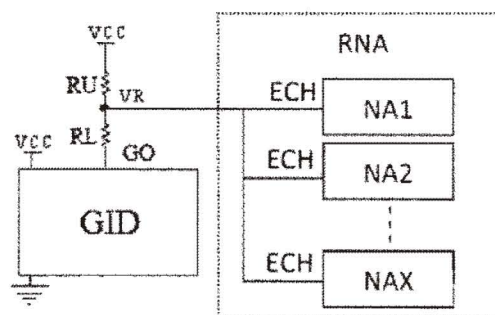
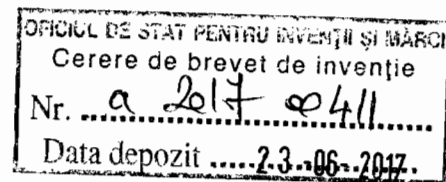


Fig. 2

Revendicări: 2

Figuri: 3





METODĂ PENTRU REÎMPROSPĂTAREA PONDERILOR SINAPSELOR ANALOGICE

Invenția se referă la o metodă pentru reînprospătarea ponderilor sinapselor analogice prin reactivarea neuronilor care includ aceste sinapse. Metoda este implementabilă pentru sinapsele artificiale care pastrează ponderile sinaptice sub formă de sarcină electrică în condensatoare și este utilă pentru compensarea variației sarcinii din condensatoare datorată curenților de scurgere.

Sunt cunoscute următoarele metode principale de stocare sub formă de sarcină electrică a ponderilor sinaptice în hardware analogic:

- metodă bazată pe celule de memorie RAM [1], [2], [3] sau circuite digitale [4] care prezintă dezavantajul variației ponderii în valori discrete;
- metodă bazată pe tranzistoare cu poartă flotantă [5], [6], [7] care prezintă dezavantajul complexității ridicate datorată necesității utilizării radiației ultraviolete sau tensiunilor mari pentru ajustarea ponderilor sinaptice;
- metodă bazată pe condensatoare [8] care prezintă dezavantajul perioadei limitate de stocare a ponderii sinaptice datorită curenților de scurgere specifici condensatoarelor.

Sunt cunoscute metode care permit stocarea pe termen lung a ponderilor sinaptice [9], [10] prin reînprospătare sarcinii stocată în condensatoare utilizând amplificatoare operaționale.

Dezavantajul acelor metode reprezintă utilizarea dispozitivelor auxiliare cum sunt amplificatoarele operaționale la nivel de sinapsă [9] sau celulă de stocare a sarcinii electrice [10] care cresc complexitatea implementării rețelelor neuronale artificiale în special pentru integrarea microtehnologică a acestora.

Problema tehnică pe care o realizează prezenta invenție reprezintă implementarea unei metode pentru reîmprospătare a ponderilor sinapselor analogice prin reactivarea neuronului care include aceste sinapse. Activarea neuronului determină compensarea variației sarcinii electrice ca urmare a curenților de scurgere din condensatoarele utilizate pentru stocarea ponderilor sinapselor analogice.

Reîmprospătarea ponderilor sinaptice este utilă pentru memoria pe termen lung ceea ce reprezintă un avantaj critic pentru adaptabilitatea rețelelor neuronale iar utilizarea condensatoarelor pentru stocarea ponderilor are avantajul costului foarte scăzut și a posibilității variației ponderii sinaptice într-o infinitate de valori.

Metoda de reîmprospătare a ponderilor sinaptice conform invenției prezintă avantajul simplificării mecanismului de ajustare a sarcinii din condensatoarele de stocare a ponderilor sinaptice utilizând doar elementele constitutive ale modelului de neuron fără alte elemente auxiliare de circuit implementate la nivel de sinapsă. Metoda utilizează doar un generator de impulsuri dreptunghiulare implementat la nivel de rețea neuronală ceea ce nu afectează implementarea sinapselor ca în cazul metodelor care utilizează amplificatoare operaționale pentru fiecare sinapsă [9], [10].

În cele ce urmează se va face o descriere detaliată a obiectului invenției în legătură cu figurile 1, 2 și 3 care prezintă:

- Figura 1, elementele schemei electrice a neuronului artificial care sunt critice pentru mecanismul de reîmprospătare a ponderilor sinaptice;
- Figura 2, Structura sistemului care implementează metoda de reîmprospătare a ponderilor sinaptice;
- Figura 3, Diagrama de timp pentru semnalele de interes pentru funcționarea mecanismului de împrospătare a ponderilor sinaptice.

Figura 1 prezintă schema electrică care include elementele critice incluse în structura unui neuron artificial (NA) care permit reîmprospătarea ponderilor sinaptice stocate în condensatorul de pondere (CP). Astfel, reîmprospătarea ponderii sinaptice este necesară datorită încărcării capacității CP printr-un curent de scurgere (IR) limitat de o diodă (D2) polarizată invers ceea ce reduce valoarea ponderilor sinaptice. Reîmprospătarea ponderilor sinaptice se realizează în timpul activării neuronului care constă în deschiderea unui tranzistor NPN (T1) și a unui tranzistor PNP (T2) care modifică potențialele armăturilor condensatorului de pondere CP astfel încât CP se descarcă printr-un curent de activare (ID)

limitat de o rezistență (R_8). Activarea neuronului artificial constă în generarea unui impuls electric evidențiat pe unul dintre semnalele măsurate (VMBR) în partea de intrare a neuronului artificial. Potențialul de intrare al neuronului artificial în stare de repaus care este mai mic decât tensiunea bază-emitor a tranzistorului T1 este determinat de către un divizor de tensiune (RU-RL) care generează un potențial VR pe o intrare a neuronului (ECH). Schema electrică a modului de intrare al neuronului permite utilizarea unui singur divizor de tensiune RU-RL conectat ca în Figura 2 la toți neuronii (NA1, NA2, ..., NAX unde $X > 2$) unei rețele neuronale artificiale (RNA) deoarece toți neuronii utilizează același potențial VR pe intrarea ECH corespunzătoare.

Conform invenției, ieșirea (GO) modului generator de impulsuri dretunghiulare (GID) este conectată la divizorul de tensiune RU-RL în punctul corepunzător semnalului de masă după cum prezintă Figura 2. Modulul GID generează un semnal periodic (VR) prezentat în Figura 3. Semnalul VR are o valoare de repaus (VD) pe perioada tD și o valoare (VA) mai mare decât VD pe o perioadă de timp tA timp în care neuronii incluși în rețeaua neuronală se activează o dată sau de mai multe ori în funcție de valoarea tA. Valoarea timpului tD trebuie determinată astfel încât sarcina acumulată în condensatorul de pondere (CP) în timpul tD prin curentul de scurgere IF să fie aproximativ egală cu sarcina descărcată din CP prin curentul ID în timpul activării neuronului. Activarea neuronilor este evidențiată prin impulsurile (PAP) care apar pe semnalul VMBR generat în partea de intrare a neuronului artificial ca în Figura 3.

REFERINȚE

- [1] D. Macq, et al, „Analog storage of adjustable synaptic weights”, Proc. SPIE 1709, Applications of Artificial Neural Networks III, 1992.
- [2] J. V. Arthur și K. Boahen, „Learning in Silicon: Timing is Everything”, Advances in Neural Information Processing Systems 18, NIPS 2005.
- [3] „Method and apparatus for switching the binary state of a location in memory in a probabilistic manner to store synaptic weights of a neural network”, Patent: US9111222B2, 2015
- [4] „Hybrid chip-set architecture for artificial neural network system”, Patent: US5781702A, 1998.
- [5] R. Gopalakrishnan, A. Basu, „Triplet Spike Time Dependent Plasticity in a Floating-Gate Synapse”, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Vol. 28, Nr. 4, 2017, pp. 778 - 790.
- [6] T. Hindo, „Weight updating floating-gate synapse”, Electronics Letters, Vol. 50, Nr: 17, 2014, pp. 1190 - 1191.
- [7] „Programmable analog synapse and neural networks incorporating same”, US5336937A, 1994.
- [8] „Artificial neuron with switched-capacitor synapses using analog storage of synaptic weights”, Patent nr.: US 5343555A.
- [9] E. Vittoz, et al, „Analog Storage of Adjustable Synaptic Weights”, VLSI Design of Neural Networks, Vol. 122, The Springer International Series in Engineering and Computer Science, pp. 47-63.
- [10] „Analog storage cell with low leakage”, Patent nr. WO 2006047268 A1, 2006.

REVENDICĂRI

- Metodă pentru reîmprospătarea ponderilor sinaptice **caracterizată prin aceea că** neuronul care include sinapsele este reactivat în mod repetitiv la intervale de timp astfel încât variația ponderilor din timpul activării neuronului să compenseze variația în sens invers a ponderilor sinaptice care are loc în intervalul de timp dintre activări datorită variației sarcinii electrice din condensatorul de stocare a ponderii sinaptice ca urmare a curenților de scurgere.
- Sistem pentru implementarea metodei de reîmprospătare a ponderilor sinaptice **caracterizat prin aceea că** la una dintre intrările rețelei neuronale se conectează un singur generator de impulsuri dreptunghiulare care determină reactivarea periodică a tuturor neuronilor incluși de către acea rețea neuronală.

DESENE

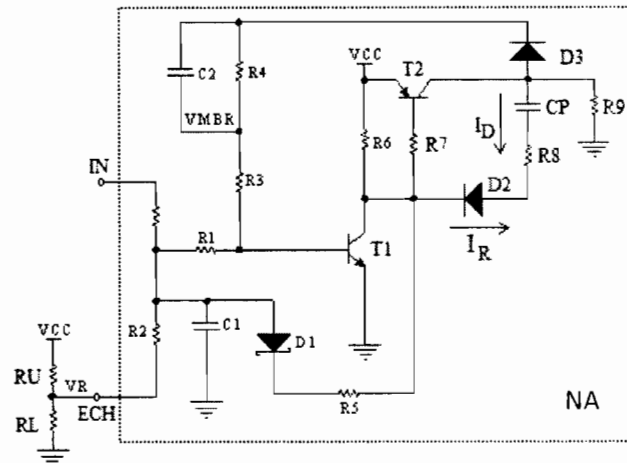


Figura 1

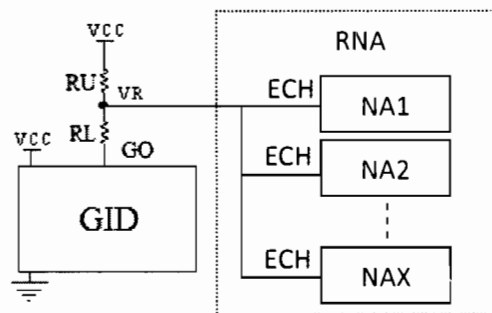


Figura 2

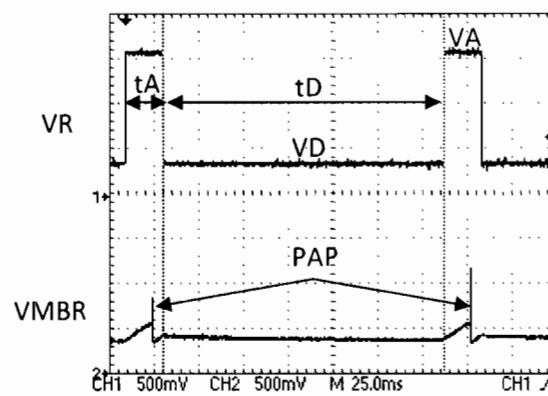


Figura 3