

ИНТЕГРАЛНА РЕАЛИЗАЦИЯ НА КЛЕТЪЧНА НЕВРОННА МРЕЖА ЧРЕЗ CADENCE

Марин Христов Христов
Валери Младенов Младенов
Ивайло Гешев Бакалски

mhristov@ecad4sun.vmei.acad.bg
valerim@vmei.acad.bg
bakalski@ecad4sun.vmei.acad.bg

VLSI implementation of Cellular Neural Network in CADENCE environment

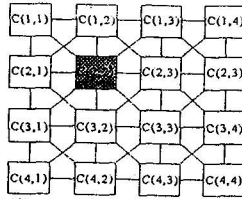
Marin Hristov Hristov
Valeri Mladenov Mladenov
Ivaylo Gueshev Bakalski

A Cellular Neural Network (CNN) is an artificial neural network consisting of separate neurons or cells. The major disadvantage of most neural network implementations is the number of interconnections between neurons. In order to reduce the number of interconnections but keep the advantages of parallel processing, Chua and Yang proposed a so-called Cellular Neural Network (CNN) where neurons were only connected to other neurons within a certain neighborhood. In 1992, Rodriguez-Vazquez proposed a modified model for neurons; the so-called Full Range (FR) model and an implementation for a CNN in the current domain based on this FR-model. Some implementation for a FR-CNN in the voltage domain also are suggested.

In this paper the properties of the FR-model and Rodriguez-Vazquez' implementation are investigated and a different implementation for a CNN based on the FR-model is suggested and realized in CADENCE environment. A row of cells that perform connected component detection (CCD) are simulated and operate properly.

1. Въведение

Клетъчните невронни мрежи (КНМ) са тип невронни мрежи, които са въведени от Chua и Yang през 1998 [1]. Те имат редица преимущества по отношение на класическите невронни мрежи. Основно предимство е това, че всяка клетка е свързана с най-близките съседни и това ги прави много удобни за интегрално изпълнение. На фиг. 1 е дадена структурната схема на 4x4 клетъчна невронна мрежа.



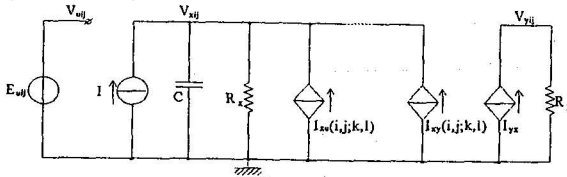
Фиг. 1 Клетъчна невронна мрежа

Клетката C_{ij} е свързана със съседните си, а r - съседство се дефинира като:

$$N_r(i, j) = \{C(k, l) \mid \max[|k - i|, |l - j|] \leq r, 1 \leq k \leq M; 1 \leq l \leq N\} \quad (1)$$

където m и n са броя на редовете и колоните на мрежата от клетки. Най-често се използва $r=1$.

Chua и Yang[2] са предложили веригата от Фиг. 2 за реализация на една клетка от невронната мрежа.



Фиг. 2

В този случай уравненията на състоянието на КНМ се дават с:

$$C \frac{dV_{xy}(t)}{dt} = -\frac{V_{xy}(t)}{R_x} + \sum_{c(k,l) \in N_r(i,j)} A(i, j; k, l) \cdot V_{ykl}(t) + \sum_{c(k,l) \in N_r(i,j)} B(i, j; k, l) \cdot V_{ykl}(t) + I \quad (2)$$

а уравненията за изходите

$$V_{yij} = f(V_{xij}) = 0.5(|V_{xij} + 1| - |V_{xij} - 1|) \quad (3)$$

$1 < i < n \quad 1 < j < m$

Параметрите $A(i,j;k,l)$ и $B(i,j;k,l)$ са пространствено независими и дават коефициентите на ОБ и управление на клетката (i,j) с друга клетка (k,l) . Обикновено те се дават в т.нар. шаблони (template) A и B, които за $r=1$ са 3×3 матрици.

През 1992 г. Rodriguez-Vazquez[3] предлагат нов модел, свързан с подобрение - Full Range модел. В [3], [4] и [5] са предложени реализации и са дадени симулации с HSpice. Цел на нашата работа е да предложим интегрална реализация за Full Range модела чрез CADENCE [5].

2.Full Range - клетъчна невронна мрежа

Full Range модела е предложен от Rodriguez-Vazquez през 1992 г. с цел преодоляване на някои недостатъци на оригиналната невронна мрежа на Chua и Yang. Концептуалната диаграма на този модел е дадена на Фиг. 3

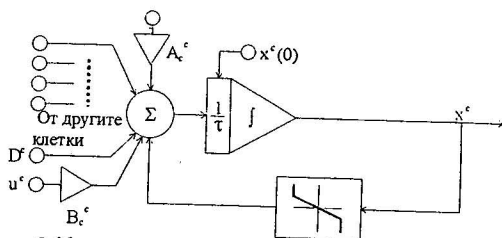
Уравнение на състоянието на една клетка в този случай е:

$$\tau \frac{dx^c(t)}{dt} = g[x^c(t)] + \sum_{d \in N_c(c)} \{A_d^c y^d(t) + B_d^c u^d\} + D^c$$

$$g(x^c) = \lim_{m \rightarrow \infty} \begin{cases} -m(x^c + 1) + 1 & x^c < -1 \\ -x^c & -1 < x^c < 1 \\ -m(x^c - 1) - 1 & x^c > 1 \end{cases}$$

където:

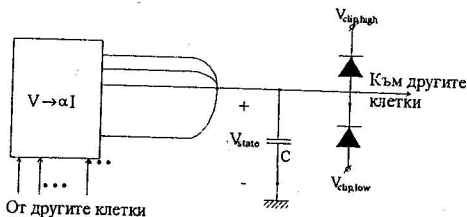
$x^c(t)$ - вектора на променливите на състоянието. Съответства на $V_{xij}(t)$
 D^c - off set параметъра, който съответства на I
 A_d^c и B_d^c - оператори за ОБ и управлението - съответства на $R_x.A(i,j;k,l)$ и $R_x.B(i,j;k,l)$
 y^d - изходен параметър на клетка d - съответства на V_{ykl}
 u^d - входен сигнал на клетка d - съответства на V_{vkl} .



Фиг. 3 Концептуална диаграма на FR - модела

Основна електрическа схема на клетка от системното ниво.

На Фиг. 4 е показана основната електрическа схема на една клетка.



Фиг. 4 Схема на клетка на системното ниво

При реализацията на горната схема основни градивни елементи са усилвателите. В работата се използва усилвател, чиято схема е показана на Фиг. 5

$$I_d = 1.35 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{W_{eff}}{L_{eff}} (V_t - V_{gs})^2 \left(1 + 0.018 \cdot \frac{3.2}{L} \cdot V_{sd} \right)$$

PMOS : $V_t = 0.8 + 0.663 \left(\sqrt{|V_{sb}| - 0.8221} - \sqrt{0.8221} \right)$

$$W_{eff} = W, \quad L_{eff} = L - 0.069 \mu m$$

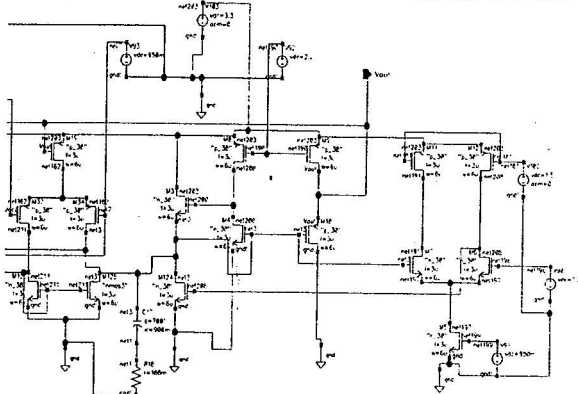
$$I_d = 3.7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{W_{eff}}{L_{eff}} (V_{gs} - V_t)^2 \left(1 + 0.049 \cdot \frac{0.8}{L} \cdot V_{ds} \right)$$

NMOS : $V_t = 0.8 + 0.56 \left(\sqrt{|V_{sb}| + 0.8221} - \sqrt{0.8221} \right)$

$$W_{eff} = W - 0.046 \mu m, \quad L_{eff} = L - 0.06 \mu m$$

5. Цялостна схема на една клетка на КНМ

На Фиг. 6 е дадена пълната схема на една клетка, като наред с усилвателите е използвана т. нар. current mirror, заедно с блокове за изместване и ограничаване на нивото на изходния сигнал.



Фиг. 5 Схема на цяла клетка

6. Резултати от симулацията

С цел проверка на правилното действие на предложената схема се симулира поведението на детектора на свързани компоненти (CCD) за 10 клетки.

Template - свързан е с основната системна функция.

Параметри на шаблона за CCD са матрицата - $B=0$; $I=0$; $a_{cc} = 1.5$

0

$A=1$ асс -1

0

Извършена е симулация, като при дадени начални състояния на всяка клетка се стига до точно определени крайни състояния след съответния преходен процес.

Резултатите от Таблица 1 показват правилната работа на схемата.

$V_{state}(t=0)$ Първоначални състояния на схема от 10 клетки	$V_{state, steady state}$ Крайни състояния на схема от 10 клетки	Време за установяване Установеното състояние е достигнато след:
0000011110	0000000010	1.3 μ s
0000101100	0000111010	1.5 μ s
0000001111	0000000001	1.3 μ s
0000001000	0000000010	1.6 μ s
0000101000	0000111010	2.0 μ s
0000111000	0000111110	1.0 μ s
0000111111	0000111111	<400ns
0000000000	0000000000	<50ns
0000001100	0000000010	1.0 μ s
0000100000	0000111110	2.0 μ s

Таблица 1 Резултати от симулацията

Заклучение

В работата е предложена и разработена в среда на CADENCE архитектура на програмируема невронна мрежа. Тя позволява да се променят параметрите, което е свързано с възможността да се реализират невронни мрежи за различни предназначения. Тази архитектура е направена в среда на CADENCE и показва правилното поведение и възможността да бъде произвеждана. Симулацията позволява конкретни задачи от типа на обработка на изображения и информация; асоциативни памет и др, което се реализира с помоща на невронните мрежи.

Литература

- [1.] L.O.Chua, L.Yang, "Cellular Neural Networks: Theory", IEEE Transactions on Circuits and Systems. Vol.35. No.10. October 1988, p.1257-1272
- [2.] A. Rodriguez-V6zquez et. al. "Current-mode Techniques for the implementation of continuous- and discrete-time cellular neural networks" IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analogue and Digital processing. Vol.40. No.3, March 1993, p.132-146
- [3.] P.P.F.M.Bruin, "Electronics for cellular neural networks", Eindhoven, Stan Ackermans Instituut-III. 1993, ISBN 90-5282-612-9
- [4.] J.A.E.P. van Engelen, "Implementation of an analogue programmable cellular neural network", department of Electrical Engineering, Electronic Circuit Design Group, Thesis, 1995
- [5.] MIETEC Standart Cell User Manual 2.0 μ m, N. V. MIETEC, 1989