

# ARCHITETTURE M-CNN

*V. Bonaiuto, M. Bonifazi, F. Sargeni*

Dipartimento di Ingegneria Elettronica  
Università di Roma Tor Vergata  
Via del Politecnico 1, 00133 ROMA

DPCNN (Digitally Programmable Cellular Neural Networks) è una famiglia di neurochip sviluppata, a partire dal 1994, presso il Laboratorio Circuiti dell'Università di Roma Tor Vergata. Tali neuro chip sono dei circuiti di tipo analogico che, progettati in current-mode, presentano la possibilità di programmare i loro pesi sinaptici digitalmente. Inoltre, la particolare architettura in corrente permette una facile interconnettibilità fra i vari circuiti per costruire reti di dimensioni più ampie [1-2]. Il cuore di ciascuno di questi neurochip è rappresentato da un particolare circuito il DPTA (Digitally Programmable Transconductance Amplifier) [3] per mezzo del quale, è possibile la selezione in modo digitale del valore dei pesi sinaptici. In particolare, ciascuna delle celle CNN è stata realizzata utilizzando un DPTA per ciascun peso della matrice di interconnessione (es. nove DPTA per implementare i termini della matrice di Feedback A con vicinato uno più un ulteriore DPTA per implementare sia il termine di Bias che il Template di Controllo B).

L'idea alla base di questa attività di ricerca consiste nel progetto di una nuova cella CNN (M-CNN – Multiplexed CNN) nella quale uno stesso circuito DPTA sia in grado di generare, utilizzando un approccio a divisione di tempo, ciascuno dei contributi in corrente necessari a tutte le celle del vicinato.

Il presente approccio è in grado quindi di ridurre significativamente il numero dei moltiplicatori all'interno di ciascuna cella permettendo una rilevante diminuzione (stimata intorno all'80%) dell'area di silicio occupata dalla parte analogica rispetto alla precedente architettura. Una analoga metodologia è già stata usata dagli stessi autori in precedenti progetti al fine di ridurre il numero dei pad necessari alle interconnessioni in sistemi CNN multi-chip. L'approccio è stato applicato con successo su reti classiche con connessione di tipo classico così come su una reti con connessione a stella (STAR-CNN [4]).

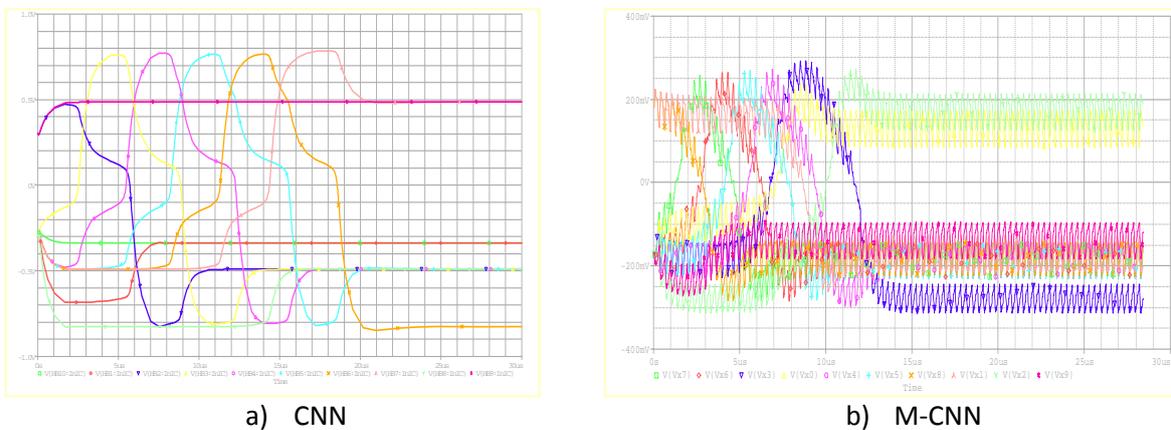


Figura 1: Simulazioni CNN

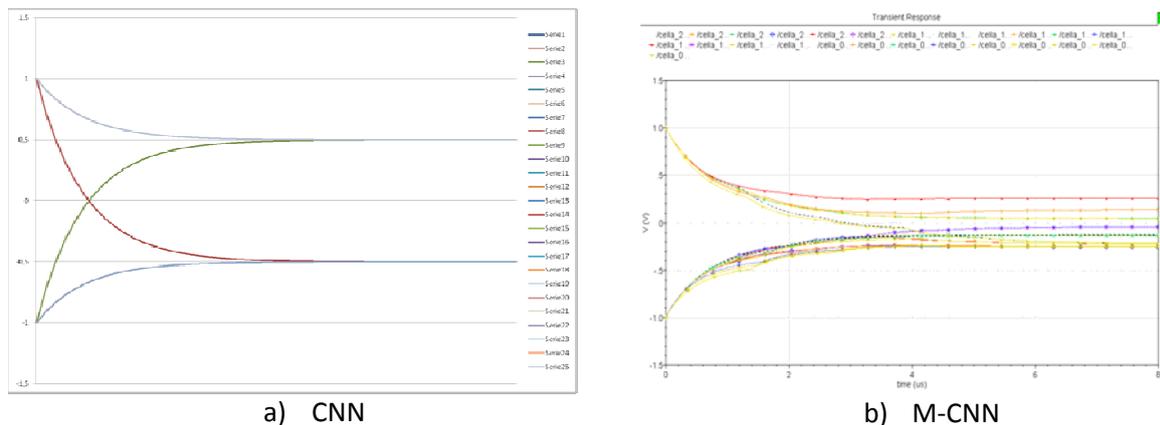


Figura 2: Simulazioni STAR CNN

In particolare, sono stati progettati nuovi circuiti con caratteristiche più adatte alla nuova architettura. Per quanto riguarda le reti CNN con connessione di tipo classico è stato progettato un nuovo circuito DPTA [5] che presenta un tempo di risposta al variare della parola digitale di controllo molto minore rispetto alla precedente realizzazione e che quindi lo rende più adatto all'utilizzo in tale architettura multiplexata. Per quanto riguarda invece la rete CNN con connessione a stella, presentando questa una non linearità di tipo a soglia, è stato progettato un nuovo circuito comparatore a transconduttanza il cui parametro  $G$  è programmabile in modo digitale (DPTC Digitally Programmable Transconductance Comparator). In entrambe le realizzazioni è stato utilizzato per il circuito di multiplexer un particolare Dinamic Current Mirror (DM-Mux) appositamente dimensionato e adattato alla specifica funzione richiesta.

La metodologia proposta introduce del rumore di tipo additivo al segnale analogico in uscita senza alterare, tuttavia, la funzionalità delle stesse operazioni CNN.

### Bibliografia

- [1] M. Salerno, F. Sargeni, V. Bonaiuto: "An interconnection-oriented chip family for multi-chip Cellular Neural Networks", Proc. Design Automation Day on Cellular Visual Microprocessor, pages. 87-97, 1999.
- [2] M. Salerno, F. Sargeni, V. Bonaiuto: "A Dedicated Multi-Chip Programmable System for Cellular Neural Networks", Analog Integrated Circuits and Signal Processing, Kluwer Academic Publisher, Vol.18, no. 2/3, February 1999, pages.277-288.
- [3] F. Sargeni: "Digitally Programmable Transconductance Amplifier for CNN Application", Electronics Letters, vol.30, no.11, pages. 870-872, May 1994.
- [4] Itoh, M.; Chua, L.O., "Star cellular neural networks for associative and dynamic memories", Int. Jou. of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Eng., Vol. 14, n. 5, May 2004, Page(s): 1725-1772
- [5] F. Sargeni; V. Bonaiuto; M. Bonifazi, "TD-DPTA Cellular Neural Network Cell", 8th IEEE Intern. Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications, CNNA 2004, 22-24 Jul 2004.