



Cinvestav

Sistema de Desarrollo de Redes Neuronales Celulares

PRESENTA: ING. JOSÉ DE JESÚS MORALES ROMERO

DIRECTORES DE TESIS:

DR. FELIPE GÓMEZ CASTAÑEDA

DR. JOSÉ ANTONIO MORENO CADENAS

Contenido



Cinvestav

- ▶ Objetivos
- ▶ Antecedentes
- ▶ Redes Neuronales Celulares
- ▶ Multiplexado de una CNN
- ▶ Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK
- ▶ Desarrollo de una CNN multiplexada en FPGA
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones
- ▶ Trabajos futuros

Objetivos



Cinvestav

- ▶ Desarrollar una CNN de 4x4 neuronas en FPGA
- ▶ Desarrollar un simulador para una CNN utilizando MATLAB y SIMULINK
- ▶ Realizar pruebas de la CNN desarrollada en el FPGA enfocadas en el procesamiento de imágenes y compararlas con la CNN realizada en MATLAB y SIMULINK.

Antecedentes

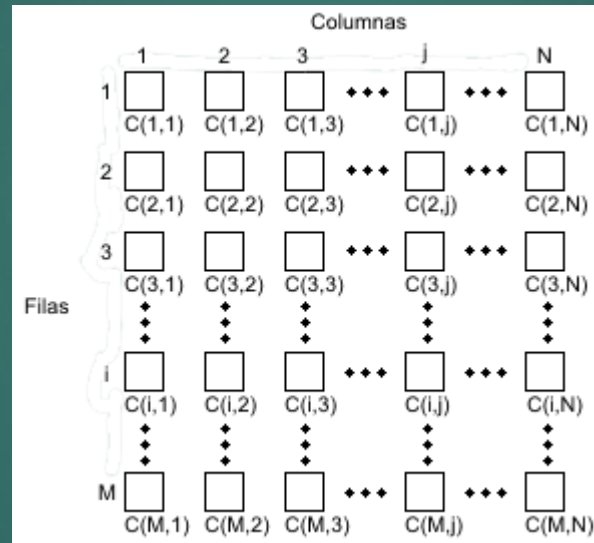


Cinvestav

- ▶ Las Redes Neuronales Celulares fueron introducidas por L. O. Chua y L. Yang en Berkeley en el año de 1988.
- ▶ Se han utilizado para resolver problemas como el procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones y resolución de ecuaciones diferenciales.
- ▶ Se han realizado diversos estudios sobre CNN debido a su característica de procesamiento paralelo de señales.
 - ▶ Optimización de plantillas
 - ▶ Métodos numéricos para resolver la ecuación de estado
 - ▶ Multiplexado de una CNN

Redes Neuronales Celulares

- ▶ Las CNN están ordenadas de la siguiente manera:



- ▶ La unidad básica de la CNN es la neurona

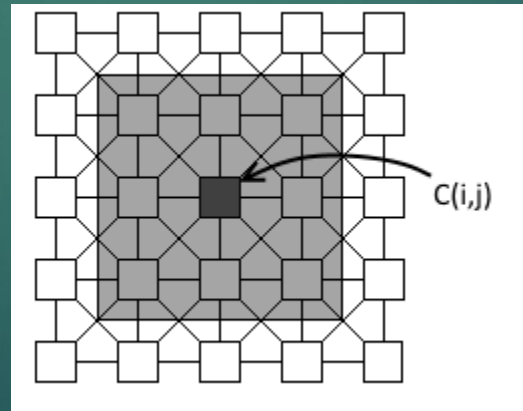


Redes Neuronales Celulares

- ▶ La neurona esta descrita mediante la siguiente ecuación de estado

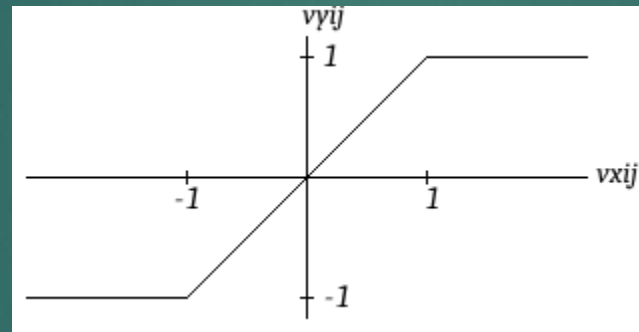
$$\frac{dv_{xij}(t)}{dt} = -v_{xij}(t) + \sum_{C(k,l) \in N_r(i,j)} A(i,j;k,l)v_{ykl}(t) + \sum_{C(k,l) \in N_r(i,j)} B(i,j;k,l)v_{ukl} + I$$

- ▶ Vecindario de una CNN

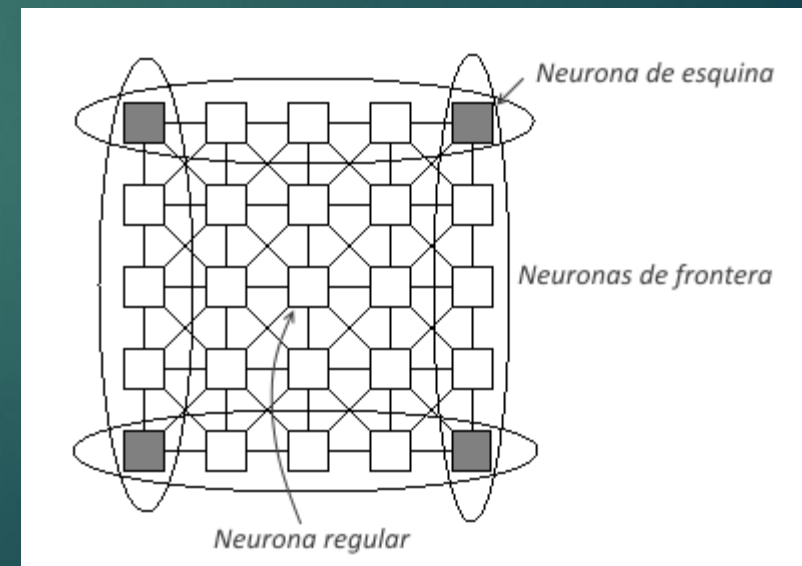


Redes Neuronales Celulares

- ▶ Función de salida: Función de transferencia "Saturación Lineal Simétrica"



- ▶ Condiciones de frontera
 - ▶ Condición de frontera fija
 - ▶ Condición de frontera de flujo cero
 - ▶ Condición de frontera periódica



Redes Neuronales Celulares



Cinvestav

- ▶ *Plantilla de retroalimentación*

- ▶
$$A = \begin{bmatrix} a_{i-1,j-1} & a_{i-1,j} & a_{i-1,j+1} \\ a_{i,j-1} & a_{i,j} & a_{i,j+1} \\ a_{i+1,j-1} & a_{i+1,j} & a_{i+1,j+1} \end{bmatrix},$$

- ▶ *Plantilla de control*

- ▶
$$B = \begin{bmatrix} b_{i-1,j-1} & b_{i-1,j} & b_{i-1,j+1} \\ b_{i,j-1} & b_{i,j} & b_{i,j+1} \\ b_{i+1,j-1} & b_{i+1,j} & b_{i+1,j+1} \end{bmatrix},$$

- ▶ *Umbral*

- ▶ $I_{i,j}$

Multiplexado de una CNN



Cinvestav

- ▶ El mapeo de una imagen y una CNN es uno a uno.
 - ▶ Una imagen de 100x100 pixeles tendrá 10000 pixeles, se requerirá una CNN con 100x100 neuronas
- ▶ Se requieren CNN cada vez mas grandes para el procesamiento de imágenes.

Multiplexado de una CNN



Cinvestav

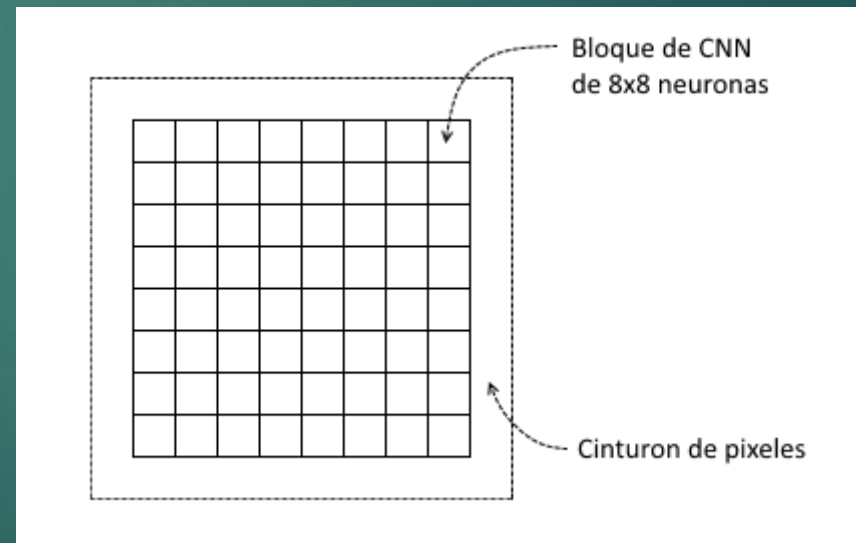
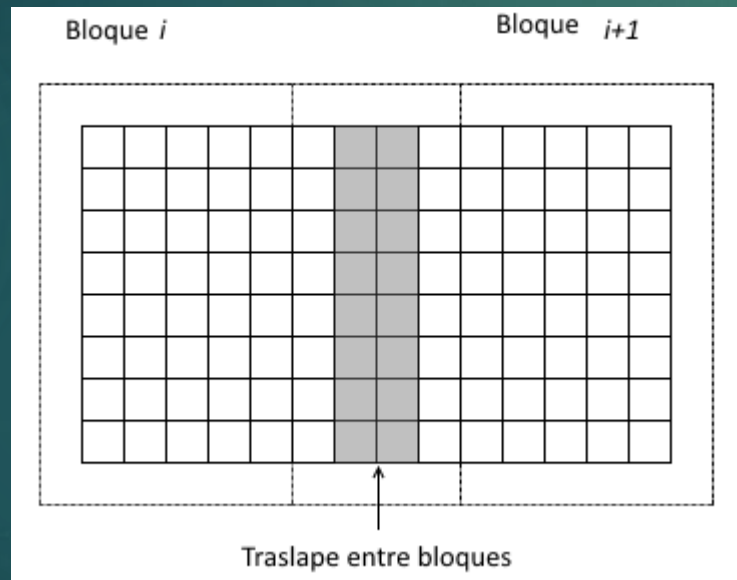
- ▶ Se utilizan bloques de CNN de tamaño reducido para procesar imágenes de tamaño grande.
- ▶ Se procesa bloque por bloque
- ▶ Se producen dos errores debido a la pérdida de la información de las neuronas vecinas:

- ▶ $\varepsilon_{ij}^A = \sum_{i=1}^{i=3} a_{i,j+1} y_{i,j+1}(t)$

- ▶ $\varepsilon_{ij}^B = \sum_{i=1}^{i=3} b_{i,j+1} \text{sign}(u_{i,j+1})$

Multiplexado de una CNN

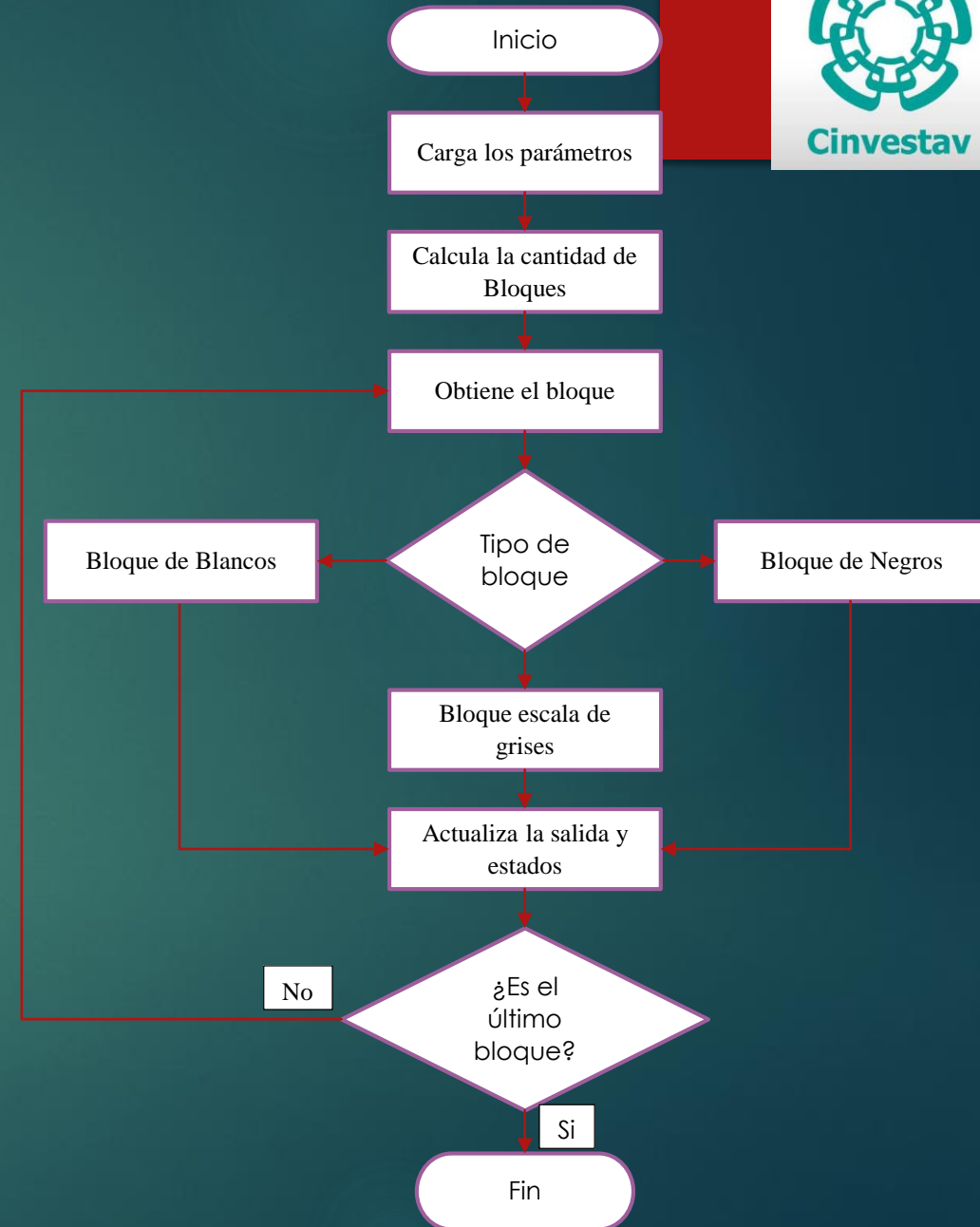
- ▶ Pasos para reducir los errores





Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK

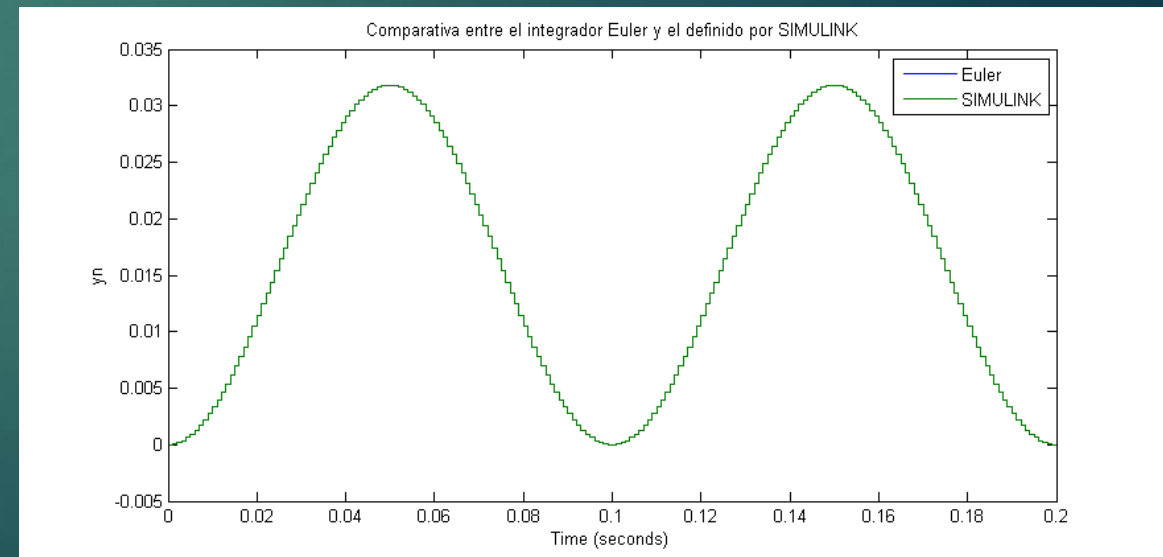
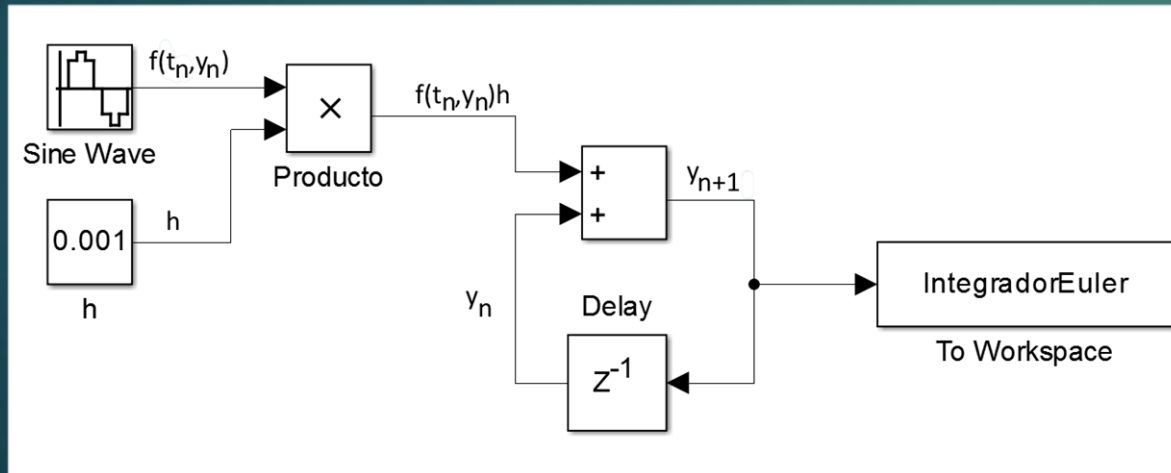
- ▶ Algoritmo para el multiplexado de la CNN
 - ▶ Calculo de la cantidad de bloques:
 - ▶ Una CNN de 4x4neuronas
 - ▶ 100x100 pixeles = 49x49bloques
 - ▶ Un total de 2401 bloques



Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK

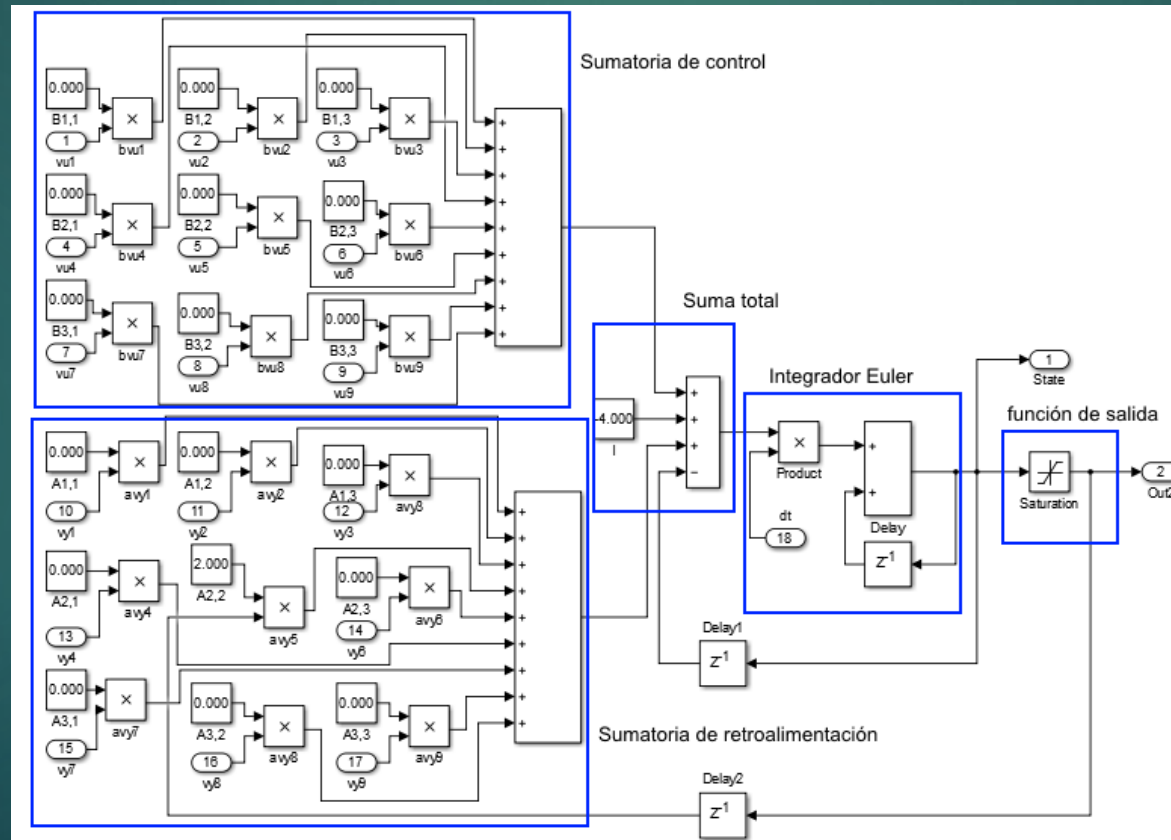
- ▶ Se desarrolló un integrador con el método de Euler hacia atrás en SIMULINK

$$y_{n+1} = y_n + f(t_{n+1}, y_{n+1})h, \quad n = 0, 1, 2 \dots$$



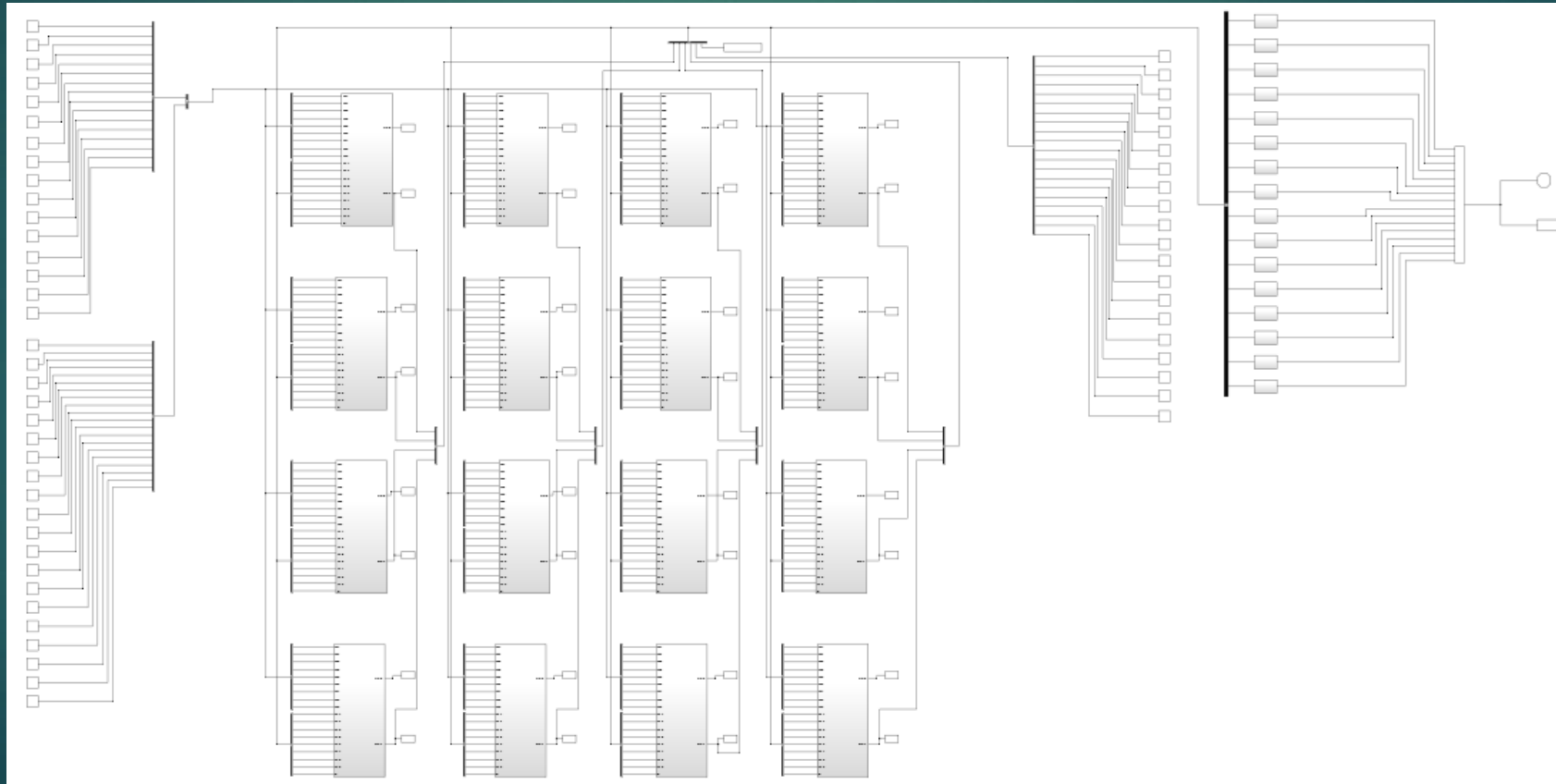
Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK

► Neurona en SIMULINK



Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK

- ▶ CNN de 4x4 neuronas en SIMULINK





Simulador de una CNN multiplexada en MATLAB y SIMULINK

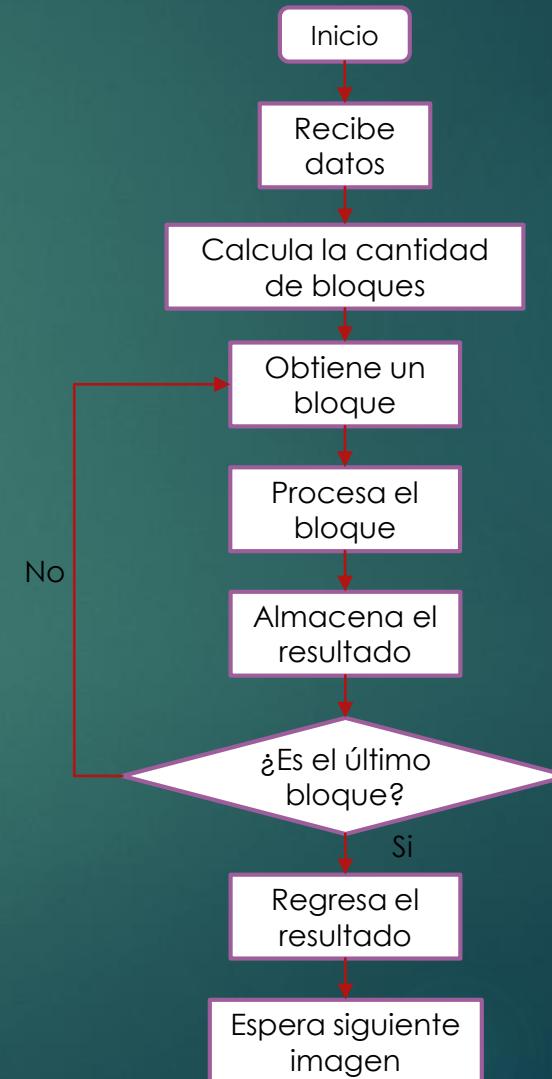
- ▶ Se realizó un programa en MATLAB que controla el multiplexado de la CNN de 4x4 neuronas.
- ▶ Se crearon diversas funciones para poder realizar la tarea de multiplexado de la CNN
 - ▶ Función para convertir los valores de la imagen a valores de CNN
 - ▶ Función para calcular la cantidad de bloques
 - ▶ Función que ingresa los parámetros a la CNN (plantillas, umbral y frontera)
 - ▶ Función para obtener el bloque a ser procesado
 - ▶ Función que determina el tipo de bloque (blancos, negros, escala de grises)
 - ▶ Función que evalúa la CNN
 - ▶ Función que guarda los datos
 - ▶ Función que convierte de valores CNN a valores de imagen
 - ▶ Mas de 300 líneas de código



Desarrollo de una CNN multiplexada en FPGA

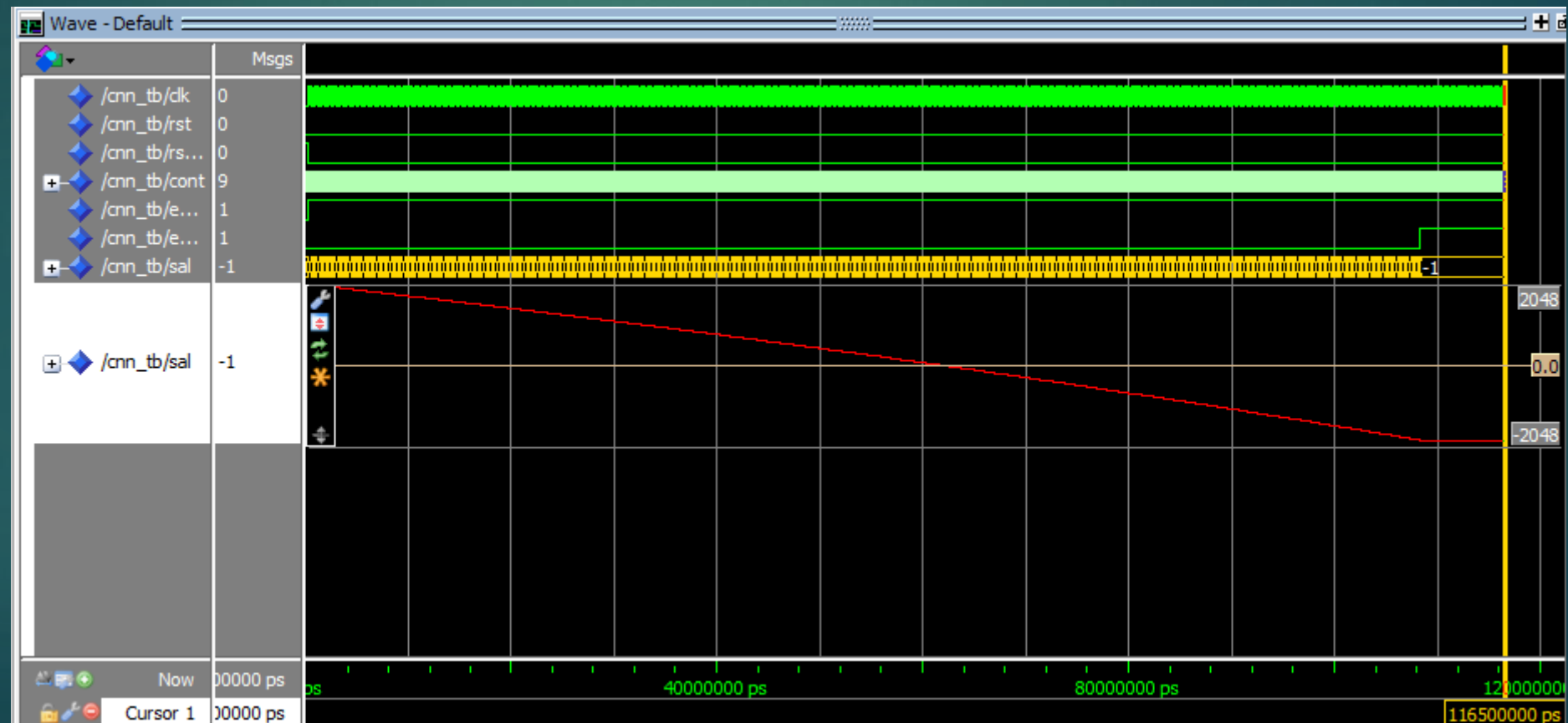
▶ Algoritmo

- ▶ Se utilizó MATLAB el envío de la imagen.
- ▶ Velocidad de Tx y Rx es de 115200 bauds
- ▶ Resolución de 18bits
 - ▶ 1 bit para signo
 - ▶ 6 bits para la parte entera
 - ▶ 11 bits para la parte decimal



Desarrollo de una CNN multiplexada en FPGA

- ▶ Evolución de la neurona en el FPGA





Desarrollo de una CNN multiplexada en FPGA

- ▶ Consumo de recursos del FPGA

Device Utilization Summary (estimated values)				
Logic Utilization	Used	Available	Utilization	
Number of Slice Registers	3270	54576	5%	
Number of Slice LUTs	8539	27288	31%	
Number of fully used LUT-FF pairs	2500	9309	26%	
Number of bonded IOBs	12	218	5%	
Number of Block RAM/FIFO	52	116	44%	
Number of BUFG/BUFGCTRLs	3	16	18%	
Number of DSP48A1s	35	58	60%	

- ▶ Mas de 2500 líneas de código para la descripción del circuito

Resultados



Cinvestav

- ▶ Imágenes procesadas en el MATLAB y en el FPGA

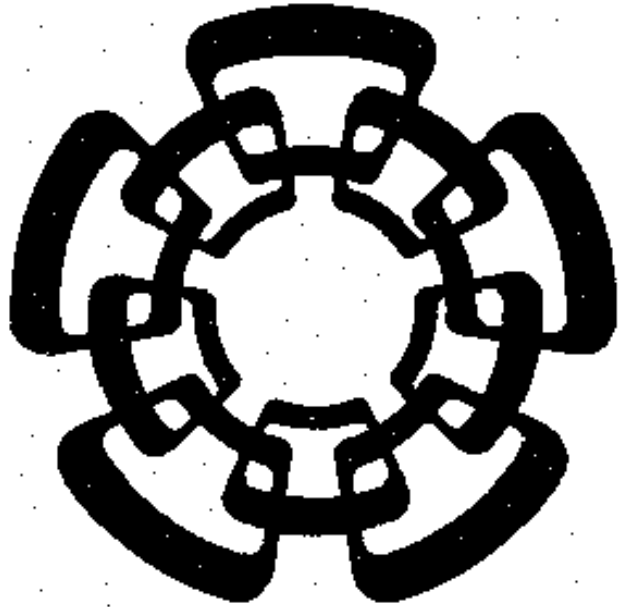


Resultados



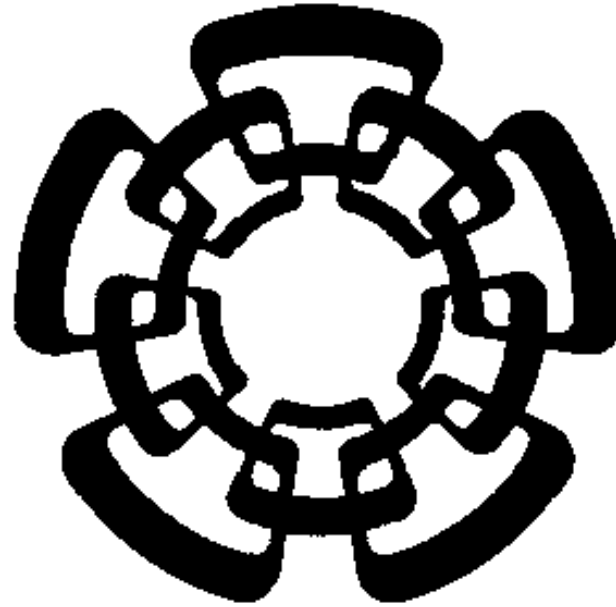
Cinvestav

Imagen original



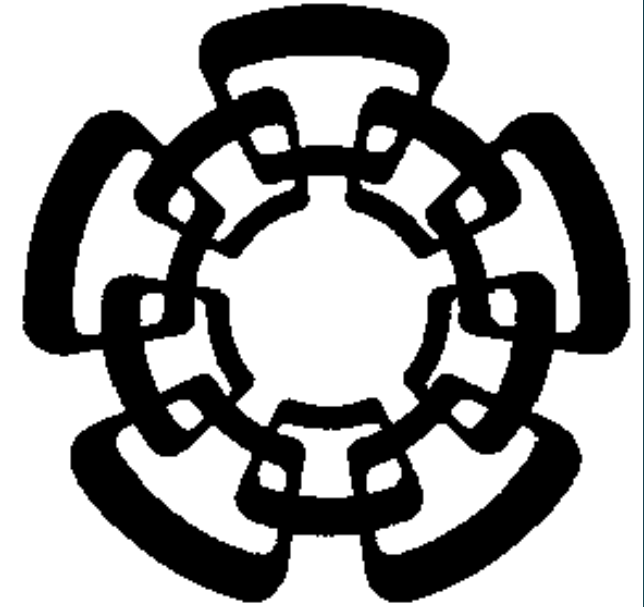
Cinvestav

Respuesta FPGA, t = 19.9786 s



Cinvestav

Respuesta SIMULINK, t = 5348.2842 s



Cinvestav

Resultados

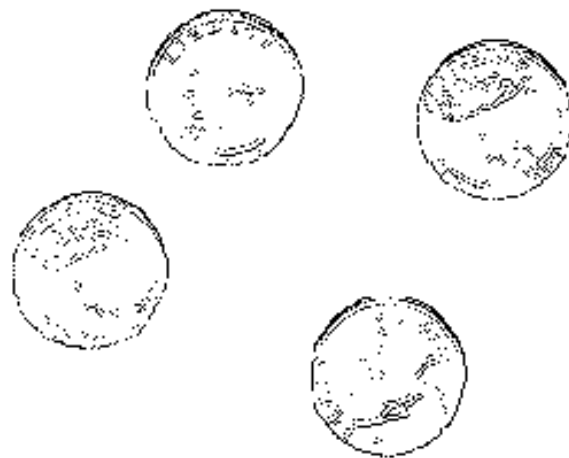


Cinvestav

Imagen original



Respuesta FPGA, t = 16.769 s



Respuesta SIMULINK, t = 8254.4548 s



Conclusiones



Cinvestav

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Reducción de neuronas• Reducción de recursos• Procesado de imágenes grandes	<ul style="list-style-type: none">• Aumento de tiempo en el procesado de las imágenes• Limitado debido a las plantillas• Limitado en la resolución numérica

Trabajos futuros



Cinvestav

- ▶ Aumentar el tamaño de la CNN en el FPGA.
- ▶ Optimizar el circuito realizado en el FPGA.
- ▶ Mejorar el simulador creado en MATLAB y SIMULINK.
- ▶ Crear una interfaz para el simulador.
- ▶ Crear una interfaz grafica para controlar la implementación de la CN realizada en el FPGA.
- ▶ Mejorar la respuesta numérica en el FPGA.
- ▶ Comprobar el funcionamiento de la CNN multiplexada para otros tipos de problemas.



Cinvestav

Gracias por su atención