

Département du Génie Electrique et Informatique

9^{ème} semestre

Architectures électroniques frugales

IA Embarquée : Implémentation matérielle d'algorithmes d'IA et circuits neuromorphiques

Travaux pratique : Implémentation matérielle d'un perceptron et d'un réseau de perceptrons multicouche

2025-2026

Loïc THOMAS – Daniela DRAGOMIRESCU – Gaël LOUBET
prenom.nom@{laas ; insa-toulouse}.fr

Objectif

Implémenter matériellement un perceptron, puis une couche de perceptrons, et enfin un réseau de perceptrons multicouche, sur un FPGA à partir de leur description en VHDL.

Organisation

Nombre de séances : 5
Durée des séances : 2h45
Groupe : binômes d'étudiants

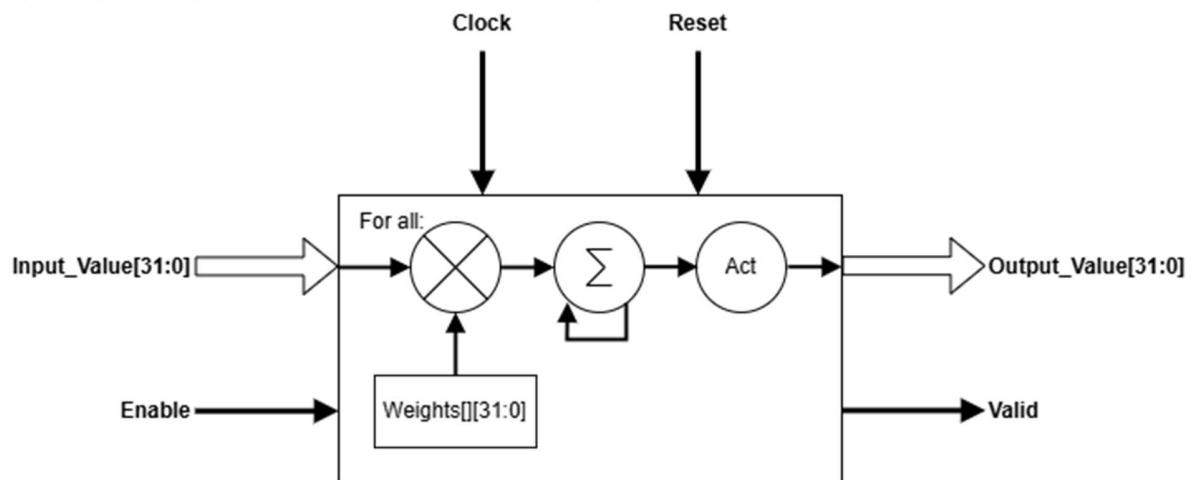
Rendus

- Un rapport autosuffisant par groupe contenant tout ce que vous avez réalisé durant ces travaux pratiques. Naturellement, une introduction et une conclusion sont attendues, de même qu'une analyse critique et objective de votre travail.
- Les sources .vhd de votre travail.

Spécifications

1 – Le perceptron

Un perceptron est matériellement un multiplicateur et accumulateur, qui -une fois toutes les entrées traitées- propose une valeur de sortie au travers d'une fonction d'activation. Le perceptron que vous allez implémenter répond aux contraintes suivantes :



Clock

Signal d'horloge

Reset

Signal actif bas de remise à zéro (sorties et signaux intermédiaires)

Input_Value[31:0]

Valeur sur 32 bits provenant d'un des perceptrons de la couche précédente (ou de la donnée d'entrée du réseau)

Enable

Signal actif haut indiquant un nouveau vecteur d'entrée est disponible (i.e., que toutes les couches ont terminé leur traitement)

Output_Value[31:0]

Valeur sur 32 bits de sortie du perceptron

Valid

Signal actif haut indiquant que le perceptron a fini son traitement

<i>Weights</i> [[31:0]	Mémoire stockant les valeurs du biais (à l'indice N) et des poids du perceptrons
<i>Act</i>	La fonction d'activation (pouvant être ReLU ou hardtan)
Format des données :	point fixe sur 32 bits, signé (par défaut : partie réelle sur 16 bits et parties décimale sur 16 bits).

N.B. : Faites en sorte que vous puissiez modifier rapidement le format de données, car il est probable que vous finissiez par travailler avec des entiers 8 bits...

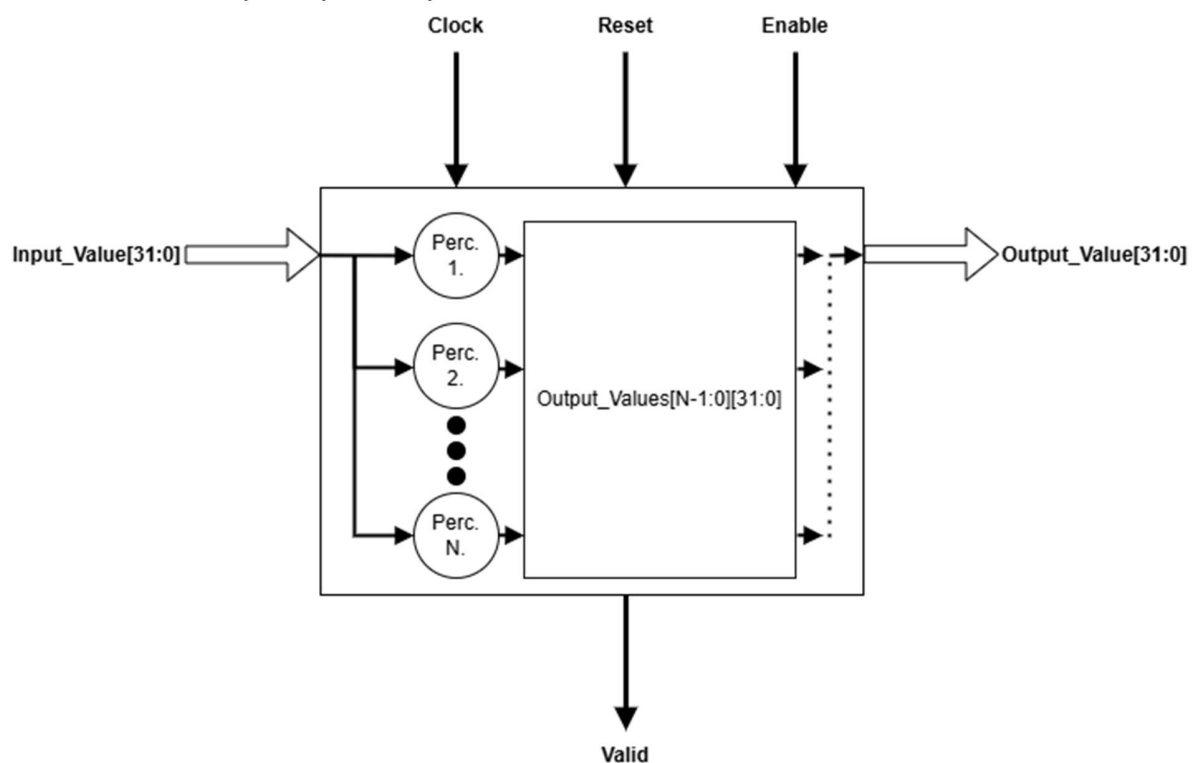
Commencer par implémenter le perceptron avec ReLU comme fonction d'activation. Une fois testé et validé, ajouter la fonction hardtan.

2 – La couche de perceptrons

Tous les perceptrons d'une même couche partagent les mêmes entrées et ont donc la même durée de traitement.

Commencer par instancier une mémoire de sortie pour stocker les valeurs de tous les perceptrons de la couche.

Générer autant de perceptrons que souhaité, et connecter-les à la mémoire de sortie.



3 – Le réseau de perceptrons multicouche

Toutes les couches n'ont pas la même taille, donc pas la même durée de traitement, mais partagent la même architecture.

Commencer par instancier plusieurs couches avant de les interconnecter.

Une fois fini, on discutera comment instancier automatiquement un MLP et ses poids et biais, à partir d'un modèle logiciel.

