

Compte rendu plan de validation- Phase 2

Nous sommes maintenant prêts à passer à la phase de mesure et de validation de notre système, conformément au plan de validation que nous avons préalablement établi. Cette étape cruciale nous permettra d'évaluer les performances et l'efficacité de notre système après avoir finalisé l'implémentation de l'architecture améliorée.

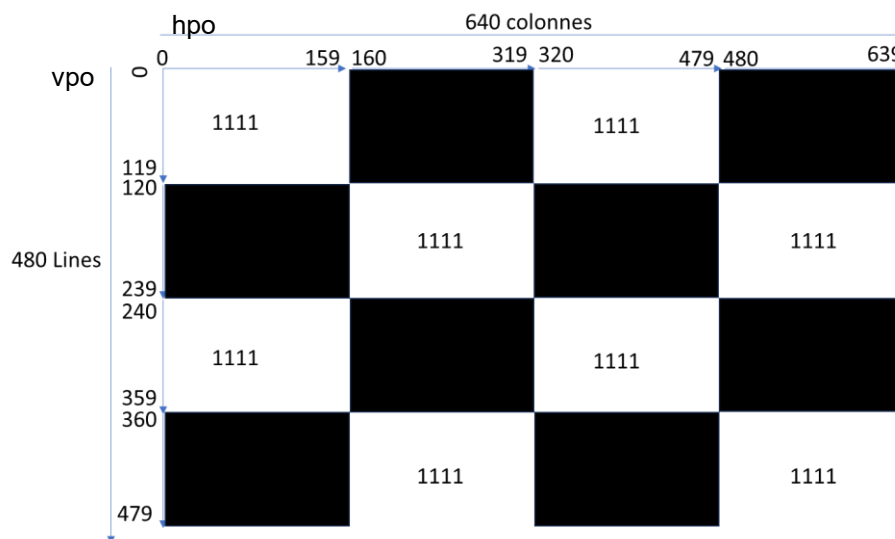
Dans le cadre de nos mesures, nous utiliserons différentes techniques, telles que des captures d'écran des courbes affichées sur l'oscilloscope, afin d'obtenir une référence visuelle des résultats obtenus. Les détails et les résultats de nos mesures seront présentés dans la suite de ce rapport.

1- Test de fonctionnalité :

Vérifiez si le système peut effectuer correctement la convolution 2D en utilisant des images de test prédéfinies et des noyaux de filtre connus.

Vous pouvez suivre les étapes suivantes :

- i- Créez une image de test prédéfinie comprenant 4 lignes et 4 colonnes, avec des carreaux alternant entre noir et blanc. Assurez-vous que les dimensions de l'image sont compatibles avec la norme VGA. Soit l'image/pattern ci-dessous à générer.



numéro de colonne = position horizontale = hpos

numéro de ligne = position verticale = vpos

- ii- Vérifiez si l'application de la convolution 2D avec l'architecture de la fenêtre coulissante sur une image composée de carrés noirs et blancs produit des valeurs de pixels entre les niveaux de couleur 1111 et 0000.

Pour rappel, dans le cas du filtrage de gauss, le cœur de convolution représenté ci-dessous :

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Lorsque nous avons appliqué le produit de convolution à notre image de test prédéfinie, nous allons observer des lignes intermédiaires entre le noir et le blanc. Cette observation est expliquée par les effets de la convolution sur les transitions entre les zones noires et blanches de l'image, résultats qui ont été vérifiés par calcul théorique (cf résultat dans tableau ci-dessous).

En commentant ces résultats, nous soulignons que la convolution est un processus de filtrage qui lisse les transitions entre les pixels adjacents. Dans notre cas, les lignes et les colonnes intermédiaires que nous observons sont le résultat de ce lissage, créant une gradation subtile entre les zones noires et blanches. Cela contribue à une apparence plus douce et plus cohérente de l'image traitée.

Pour examiner cette gradation, nous pouvons observer les pixels qui se trouvent sur une transition horizontale ou verticale entre blanc et noir (ou inversement).

Pour pouvoir observer cette transition à l'oscilloscope, nous proposons d'observer les pixels qui se trouvent sur une transition horizontale, à Vpos allant par exemple de 359 à 362, et pour chaque ligne, hpos à 80, 240, 400 et 560 . Soit les valeurs attendue dans le tableau suivant, avec :

- input_data = valeur du pixel avant convolution
- output_data= pixel après convolution :

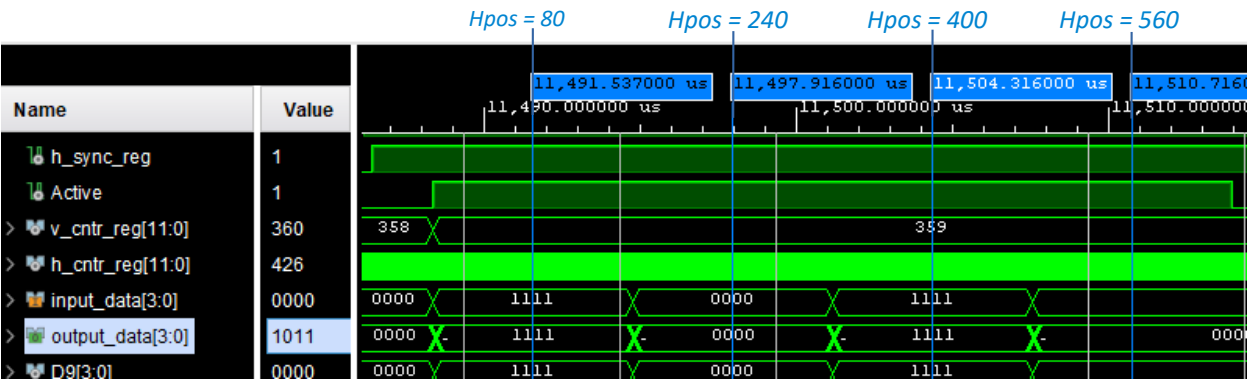
vpos	359				360				361			
hpos	80	240	400	560	80	240	400	560	80	240	400	560
input_data	1111	0000	1111	0000	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111
output_data	1111	0000	1111	0000	1011	0011	1011	0011	0011	1011	0011	1011

vpos	362			
hpos	80	240	400	560
input_data	0000	1111	0000	1111
output_data	0000	1111	0000	1111

Résultats obtenus :

Vpos = 359

Pour vpos(v_cnr_reg) = 359 , résultats obtenus par simulation avec VIVADO :



Nous pouvons observer sur le chronogramme ci-dessus la valeurs des pixels pour vpos (v_cntr_reg) = 359 , hpos(h_cntr_reg) variant de 0 à 799.

Input_data et ouput_data représentent respectivement les pixels avant et après convolution.

Nous constatons que nous avons bien les valeurs attendues :

Avant convolution :

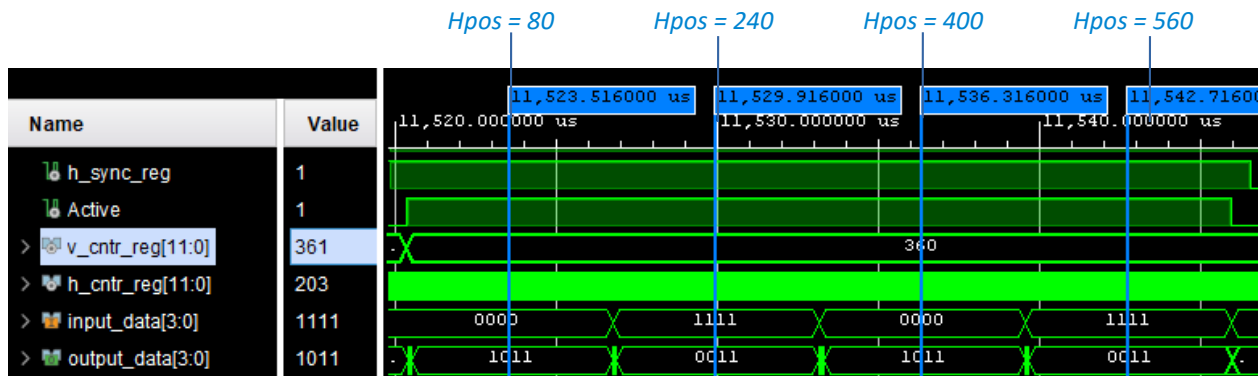
- $\text{input_data}_{(359,80)} = \text{input_data}_{(359,400)} = 1111.$
- $\text{input_data}_{(359,240)} = \text{input_data}_{(359,560)} = 0000.$

Après convolution :

- $\text{output_data}_{(359,80)} = \text{output_data}_{(359,400)} = 1111.$
- $\text{output_data}_{(359,240)} = \text{output_data}_{(359,560)} = 0000.$

vpos = 360

De même, regardons les résultats pour vpos(v_cntr_reg) = 360 obtenus par simulation avec Vivado :



Nous confirmons les résultats attendus :

Avant convolution :

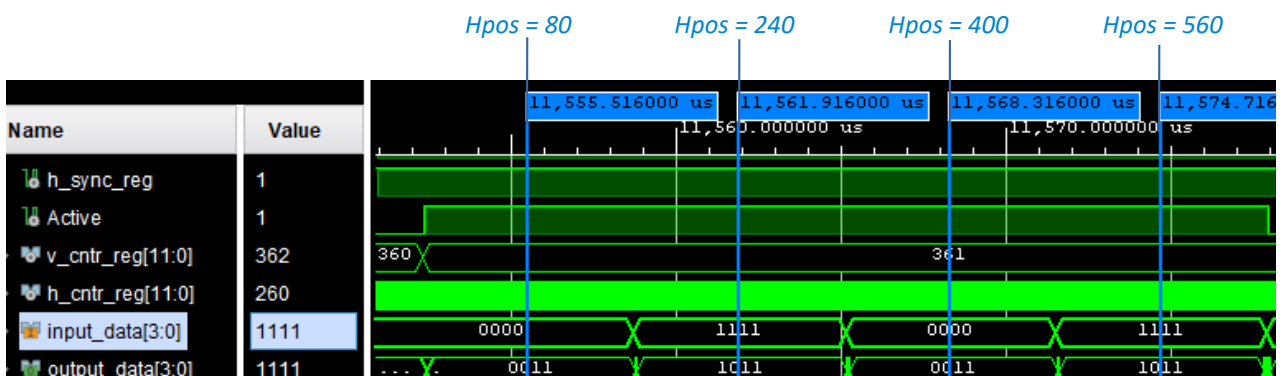
- $\text{input_data}_{(360,80)} = \text{input_data}_{(360,400)} = 0000$
- $\text{input_data}_{(360,240)} = \text{input_data}_{(360,560)} = 1111$

Après convolution :

- $\text{output_data}_{(360,80)} = \text{output_data}_{(360,400)} = 1011$
- $\text{output_data}_{(360,240)} = \text{output_data}_{(360,560)} = 0011$

vpos = 361

Résultats obtenus pour vpos(v_cntr_reg) = 361 par simulation avec Vivado :



Nous confirmons bien les résultats attendus :

Avant convolution :

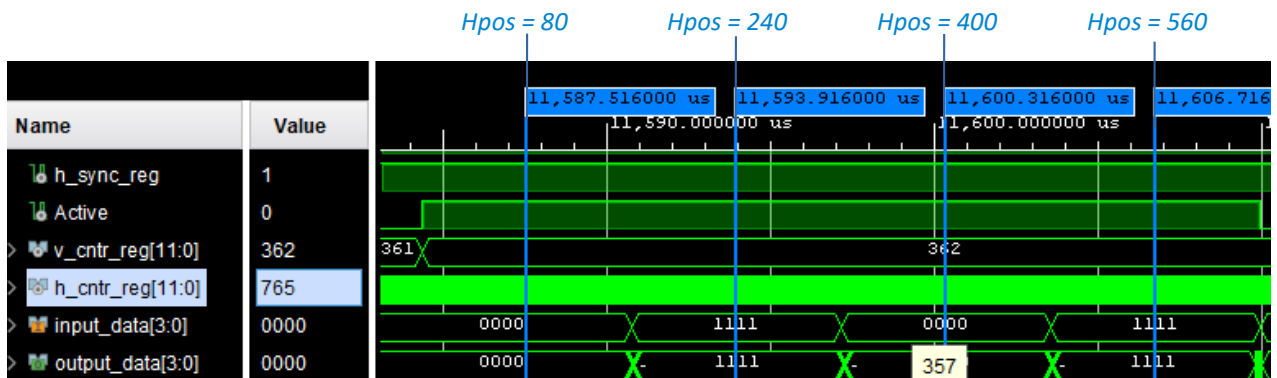
- $\text{input_data}_{(360,80)} = \text{input_data}_{(360,400)} = 0000$
- $\text{input_data}_{(360,240)} = \text{input_data}_{(360,560)} = 1111$

Après convolution :

- $\text{output_data}_{(360,80)} = \text{output_data}_{(360,400)} = 0011$
- $\text{output_data}_{(360,240)} = \text{output_data}_{(360,560)} = 1011$

vpos = 362

Résultats obtenus pour $\text{vpos}(\text{v_cntr_reg}) = 362$ par simulation avec Vivado :



Nous confirmons bien les résultats attendus :

Avant convolution :

- $\text{input_data}_{(360,80)} = \text{input_data}_{(360,400)} = 0000$
- $\text{input_data}_{(360,240)} = \text{input_data}_{(360,560)} = 1111$

Après convolution :

- $\text{output_data}_{(360,80)} = \text{output_data}_{(360,400)} = 0000$
- $\text{output_data}_{(360,240)} = \text{output_data}_{(360,560)} = 1111$

2- Test à l'oscilloscope :

- Préparez des images avant et après l'application de la convolution 2D en utilisant l'architecture de la fenêtre coulissante.
- Connectez une sonde de l'oscilloscope à la sortie du signal hsync du connecteur « **Pmod VGA** » et affichez la courbe correspondante sur l'écran de l'oscilloscope sur la voie 1.
- En parallèle, placez une deuxième sonde de l'oscilloscope sur la sortie d'un signal couleur du connecteur « **Pmod VGA** » (par exemple, VGA_rouge) et affichez la courbe correspondante sur l'écran de l'oscilloscope sur la voie 2. Observer alors à l'oscilloscope plusieurs périodes de hsync (minimum 4), chaque période étant une ligne du pattern, avec le signal rouge :
 - sans transition horizontale
 - avec transition horizontale

- Comparez les résultats affichés à l'écran après l'application de la convolution 2D avec ceux calculés à l'aide du logiciel Ltspice, pour assurer la précision des résultats. Cette comparaison vous permettra de valider la performance de votre système de convolution 2D et de s'assurer de la fiabilité des résultats obtenus. Les valeurs correspondantes entre les valeurs analogiques retournées par l'oscilloscope et celles répertoriées dans le tableau présenté ci-dessous, pour une transition horizontale :

vpos	359				360				361			
Hpos	80	240	400	560	80	240	400	560	80	240	400	560
output_data	1111	0000	1111	0000	1011	0011	1011	0011	0011	1011	0011	1011
tension analogique(V) théorique	3,1	0	3,1	0	2,27	0,62	2,27	0,62	0,62	2,27	0,62	2,27
Tension mesurée(V)												

vpos	362			
hpos	80	240	400	560
output_data	0000	1111	0000	1111
Tension analogique(V)	0	3,1	0	3,1
Tension mesurée(V)				

Il convient de noter que dans ce tableau, nous avons marqué une valeur précise pour hpos, qui peut être vérifiée lors de la simulation. Cependant, il n'est pas possible de mesurer cette valeur précise à l'oscilloscope. Néanmoins, nous savons que ces valeurs resteront les mêmes sur l'ensemble d'un carreau avant la transition avec un autre carreau ou lorsque nous nous éloignons de l'effet de bord de l'image.

Résultats obtenus :

Après avoir validé l'application de la convolution 2D à l'aide d'un test bench et en visualisant les effets de la convolution sur l'image, nous avons généré un bitstream et implanté le code sur notre carte FPGA.

Ensuite, nous avons procédé à la connexion d'une sonde de l'oscilloscope à la sortie du signal Hsync du connecteur "Pmod VGA" et avons affiché la courbe correspondante sur l'écran de l'oscilloscope. Cette étape nous a permis de vérifier la synchronisation du signal et de détecter d'éventuelles anomalies.

Nous avons également placé une deuxième sonde de l'oscilloscope sur la sortie d'un signal couleur du connecteur "Pmod VGA" (VGA_rouge) et avons affiché la courbe correspondante sur l'écran de l'oscilloscope. Cela nous a permis de vérifier la précision des signaux de couleur après l'application de la convolution.

En dernier lieu, afin de garantir l'exactitude des résultats obtenus, une comparaison a été réalisée entre les résultats affichés à l'écran et ceux calculés à l'aide du logiciel LTspice. Cette étape de comparaison a permis de valider la performance de notre système de convolution 2D et de confirmer la fiabilité des résultats obtenus.

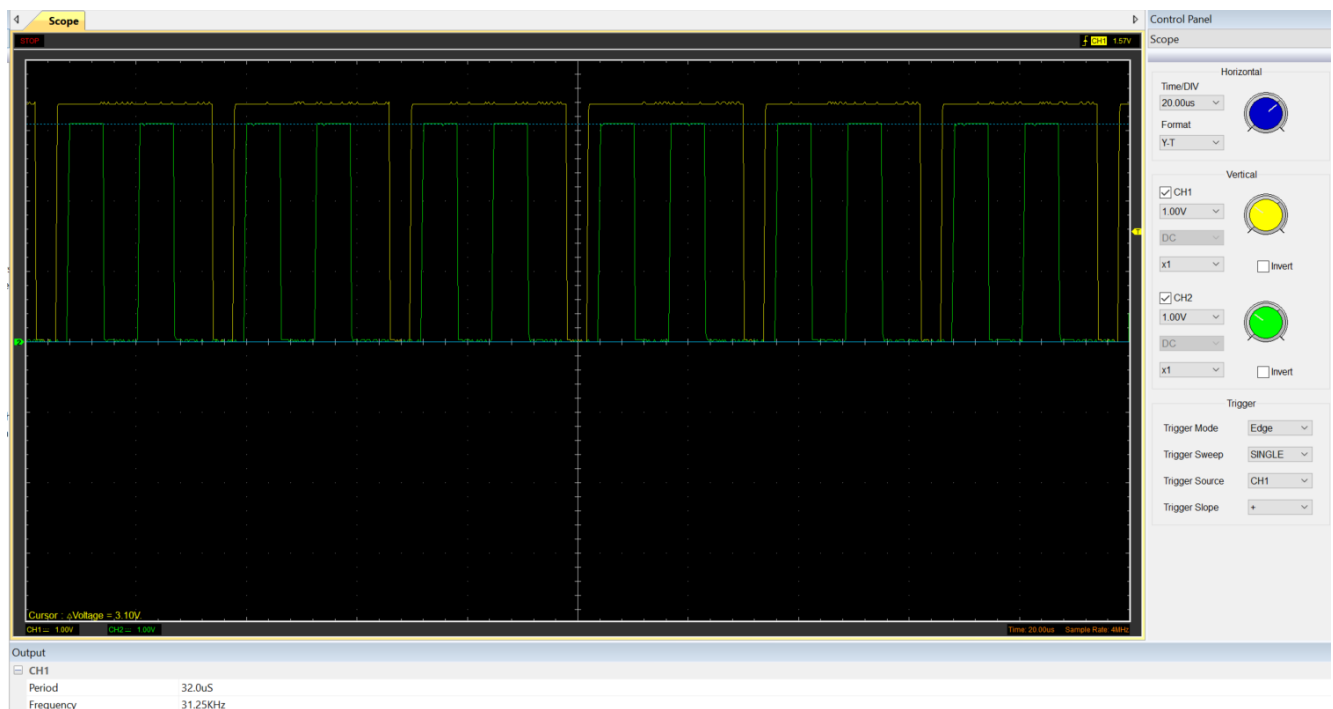
Nous avons pris des captures d'écran des courbes affichées sur l'oscilloscope pour servir de référence visuelle.

Tension analogique mesurée avant convolution

Sur la capture d'écran ci-dessous, nous pouvons observer six périodes du signal Hsync, représentant six lignes de l'image. La courbe en vert correspond à la tension de sortie analogique du connecteur Pmod VGA ; soit l'intensité de la couleur mesurée (Rouge).

En examinant cette capture d'écran, nous constatons que la valeur binaire "1111"(ou 15 en décimal) , qui représente l'intensité maximale d'une couleur, correspond à une tension analogique de 3.1V, comme le montre Δ voltage sur la capture.

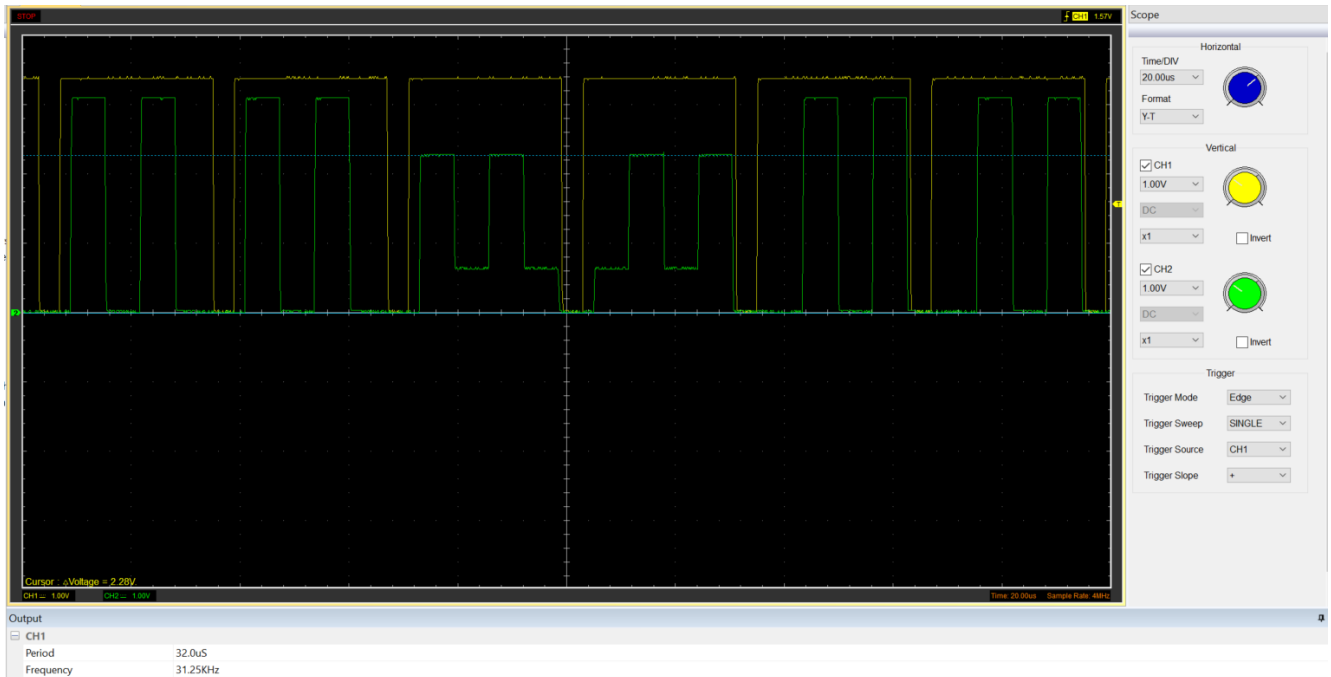
Il est également intéressant de noter que le résultat du calcul de convolution est également égal à 15 lorsque tous les pixels du voisinage sont égaux à "15" (1111 en binaire).



Tension analogique après convolution

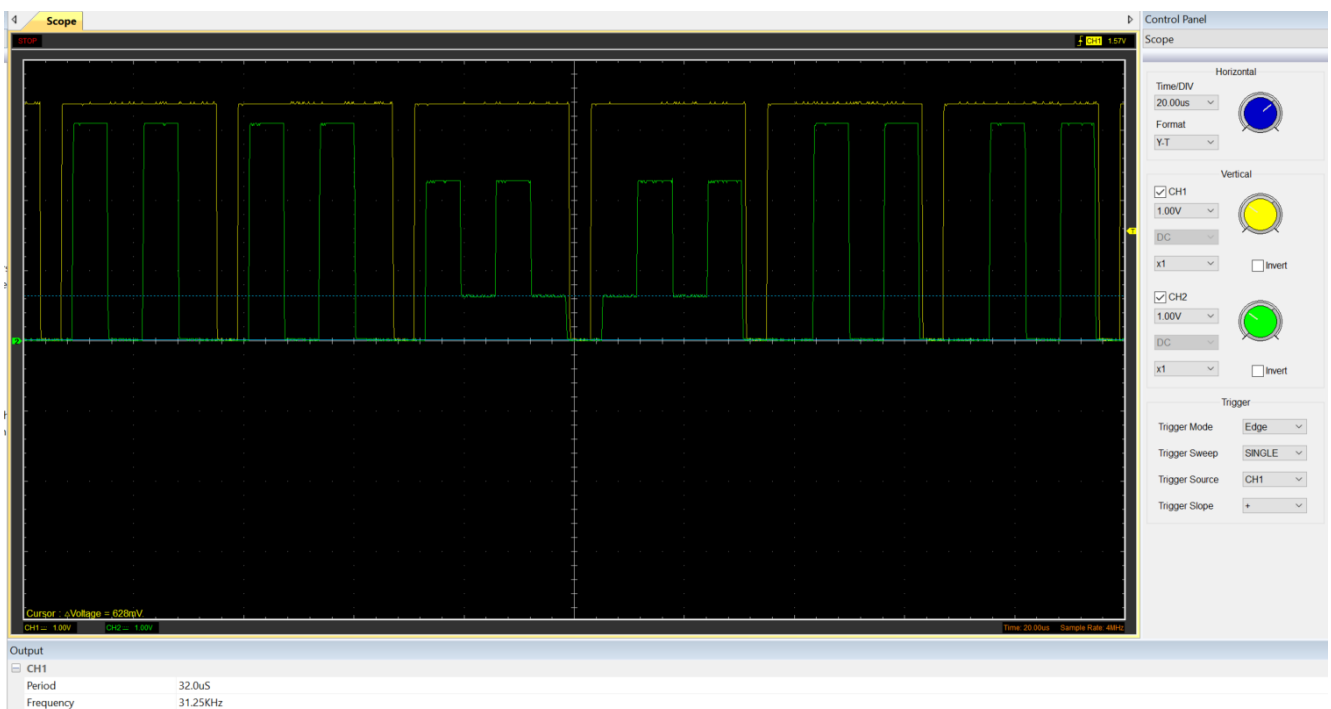
Nous avons pu également observer l'effet de lissage en simulation à l'aide du test bench, mais également en temps réel sur l'oscilloscope. Cette confirmation expérimentale renforce nos résultats et démontre que le processus de convolution agit de manière cohérente et prévisible sur l'image. L'utilisation de l'oscilloscope comme outil de visualisation nous permet d'obtenir une représentation concrète et visuelle des changements induits par la convolution sur notre image de test.

La capture d'écran ci-dessous met en évidence une transition horizontale capturée à l'oscilloscope, où les carreaux présentent une alternance entre blanc-noir-blanc-noir et noir-blanc-noir-blanc. Elle permet également d'observer les résultats obtenus suite à l'application de la convolution à notre image de test lors de cette transition horizontale entre les carreaux.



Sur la capture d'écran-ci dessus, nous mesurons une tension analogique de 2,28V, qui correspond à celle théorique de LTspice pour une intensité numérique 1011.

Dans la deuxième capture d'écran présentée ci-dessous, nous relevons une tension analogique de 0,628V, correspondant à la valeur théorique de LTspice pour une intensité numérique de 0011.



En présentant ces captures d'écran, nous avons une représentation visuelle concrète des effets de la convolution sur notre image de test. Cela renforce nos conclusions et nous permet de mieux comprendre les modifications apportées par le processus de convolution.

Ci-dessous les résultats mesurés en lien avec les tensions théoriques

vpos	359				360				361			
Hpos	80	240	400	560	80	240	400	560	80	240	400	560
output_data	1111	0000	1111	0000	1011	0011	1011	0011	0011	1011	0011	1011
tension analogique(V) théorique	3,1	0	3,1	0	2,27	0,62	2,27	0,62	0,62	2,27	0,62	2,27
Tension mesurée(V) à l'oscilloscope	3,1	0	3,1	0	2,28	0,628	2,28	0,628	0,628	2,28	0,628	2,28

vpos	362			
hpos	80	240	400	560
output_data	0000	1111	0000	1111
Tension analogique(V) théorique	0	3,1	0	3,1
Tension mesurée(V) à l'oscilloscope	0	3,1	0	3,1

Ces mesures nous ont permis de disposer d'un ensemble complet de données pour comparer les résultats obtenus après l'application de la convolution et valider ainsi la précision de notre système.

3- Démonstration visuelle :

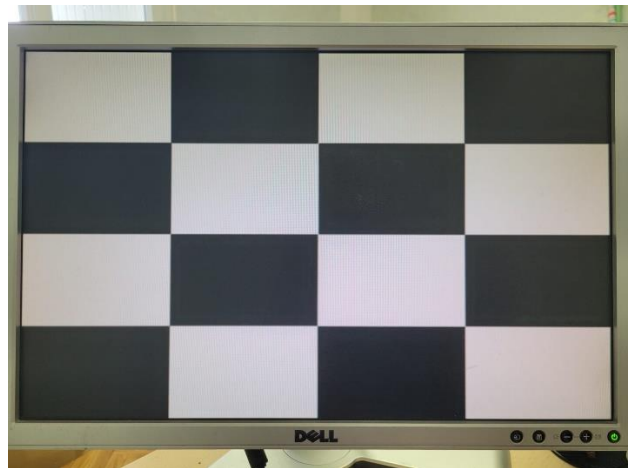
- Préparez des images avant et après l'application de la convolution 2D à l'aide de la « sliding window architecture ». Présentez ces images côte à côte pour mettre en évidence l'effet apporté par le filtrage : un effet de flou sur les transitions entre les carreaux.

Résultats obtenus

Pour répondre à cette question, nous avons préparé des images avant et après l'application de la convolution 2D à l'aide de l'architecture de la fenêtre coulissante. En les présentant côte à côte, nous pouvons mettre en évidence les améliorations apportées par le filtrage.



Avant convolution



Après convolution

Dans l'image à gauche, nous avons l'image d'origine composée de carreaux alternant entre noir et blanc. Les contours sont nets et les transitions entre le noir et le blanc sont clairement définies.

En revanche, dans l'image de droite, après l'application du filtre gaussien par convolution 2D, nous observons un effet de flou sur les transitions noir/blanc ou blanc/noir. Les contours sont moins nets et les variations brusques de couleur sont adoucies.

Cette différence entre les deux images souligne l'effet du filtre gaussien sur l'image d'origine. Le filtrage a entraîné une légère diffusion des transitions, créant un effet de flou. Ce résultat peut être apprécié visuellement en comparant les deux images côte à côte.

Il est important de noter que le choix d'utiliser un filtre gaussien pour la convolution 2D a pour objectif d'atténuer le bruit et de lisser les variations subtiles dans l'image. Cependant, cela peut également entraîner un certain flou sur les transitions de fortes variations d'intensités de couleur.