

NYCU-EE DCS-2021

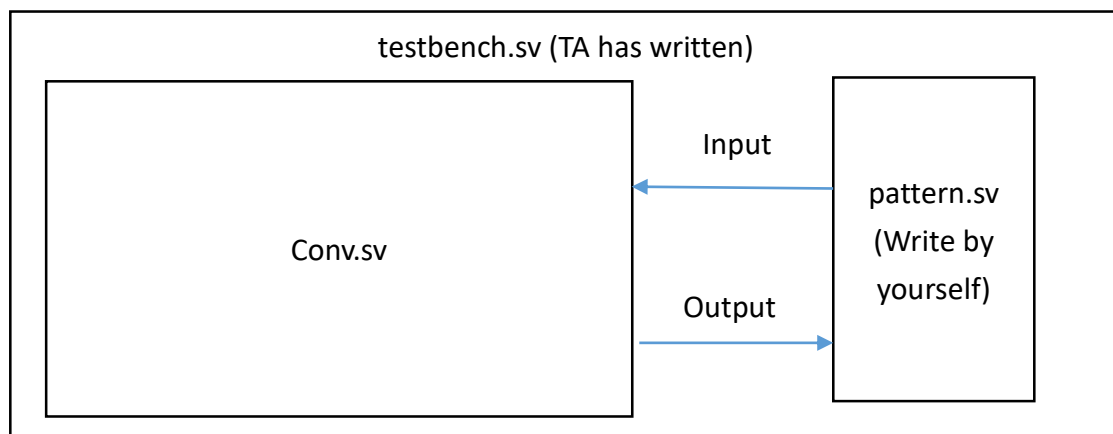
HW05

Design: Convolution

資料準備

1. 從 TA 目錄資料夾解壓縮
% tar -xvf ~dcsta01/HW05.tar
2. 解壓縮資料夾 HW05 包含以下：
 - A. 00_TESTBED/
 - B. 01_RTL/
 - C. 02_SYN/
 - D. 09_UPLOAD/

Block Diagram



設計描述

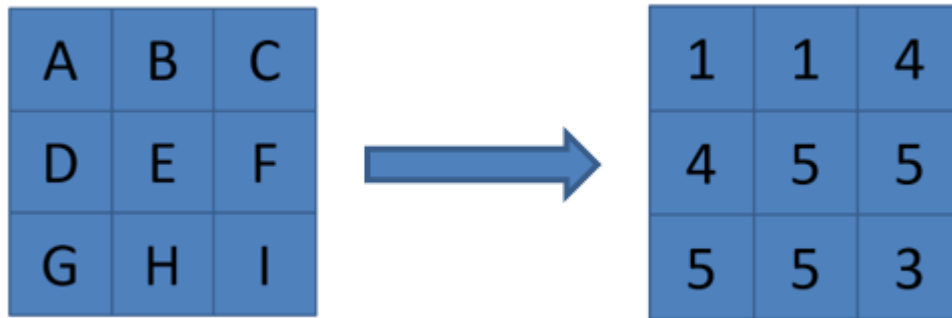
CNN 是在 AI、Machine Learning 中常見的架構，而常見的 CNN 網路裡可分為 Convolutional layer、Maxpolling 等，而這次作業主要做一層 Convolutional+Maxpooling 的計算。

Convolutional 分為 filter 跟 image 兩部分，主要利用 filter 在 image 上移動計算，而會得出一張新的特徵圖片 (feature map)，以下以這次作業為例分為 4 部分介紹，filter、image、計算、output。

注意，這次的 pattern 也要由你們寫，助教僅提供一組測資，請想辦法讀檔讀進去測(之前上課有教過)，並且自己創造更多測資。

●Filter

Filter 皆為 3X3 的大小，總共 9 個數字，各自可能為 0~7，用以下圖表示。Filter 3x3 分別用 ABCDEFGHI 代表其中的數值，方便之後的計算說明。



Filter 的數值由 pattern 給進 design，而順序依照上圖 ABCDEFGHI 的順序給值。由 in_data 給值。

●Image

Image 皆為 8X8 的大小，總共 64 個數字，各自可能為 0~7，用以下 6X6 圖示意。分別用 A1~A6、B1~B6....代表其中的數值，方便之後的計算說明。

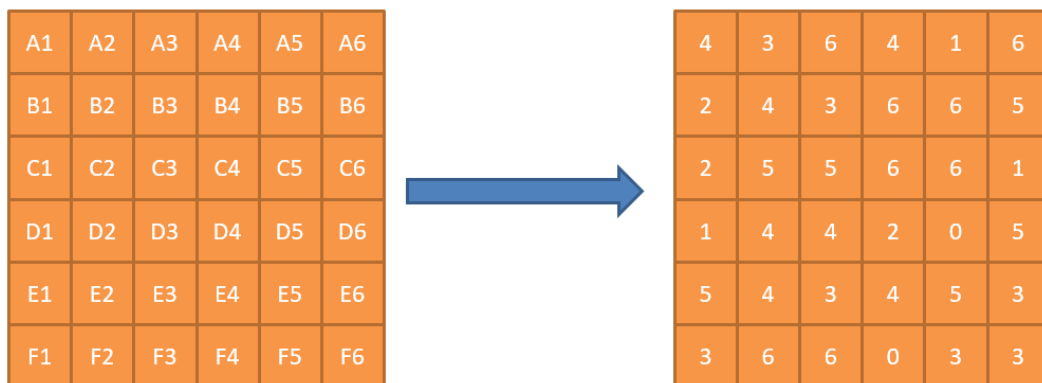


Image 的數值資料也是由 pattern 給進去 design，而順序依照 A1~A6 並且由上而下。由 in_data 給值。

●計算

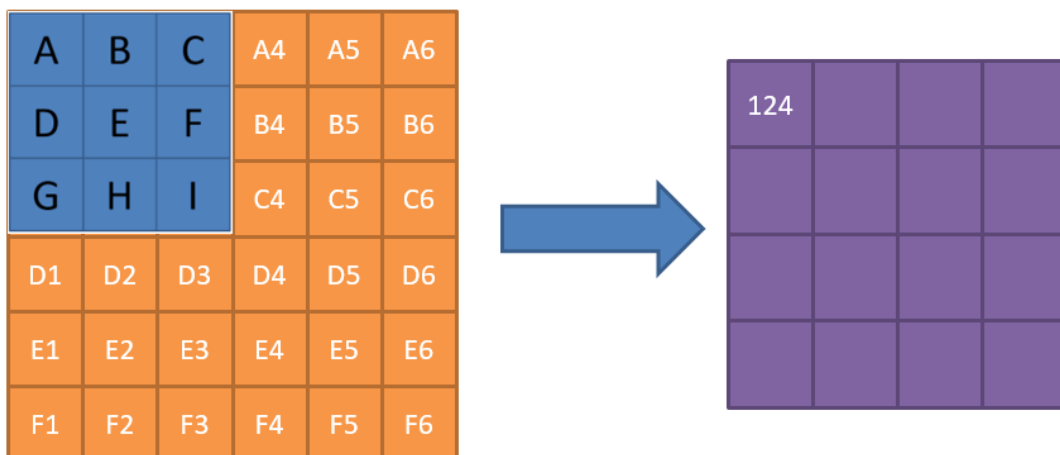
計算部分由 filter 跟 image 進行 convolution 卷積計算，這次的作業 image 為 8X8 進行 3x3 的 image 計算，並且每次移動 filter 的步數為 1 步(向右或向下移動的距離)，經 convolution 算出來的圖像為 6X6 的大小，最後經過 maxpooling，output 出 3X3 的 feature map，從下面的流程圖可以看出來。

(以下圖示為 6X6 img 出來的結果，本作業 img 為 8X8)

下圖是 convolution 出來的圖像()。

G1	G2	G3	G4
H1	H2	H3	H4
I1	I2	I3	I4
J1	J2	J3	J4

Step1.由一開始(左上角)開始進行

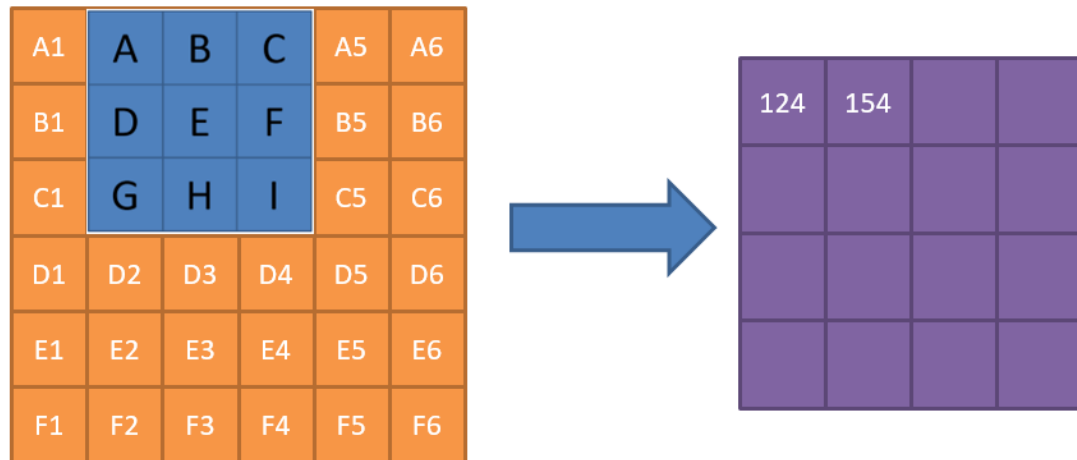


把 filter 遮上 image 並將相對應的數值進行相乘，最後全部相加：

$$\text{Result} = A1*A+A2*B+A3*C+B1*D+B2*E+B3*F+C1*G+C2*G+C3*I = 124$$

124 便為新圖像的結果，位置為 G1。

Step2.filter 向右移動一格



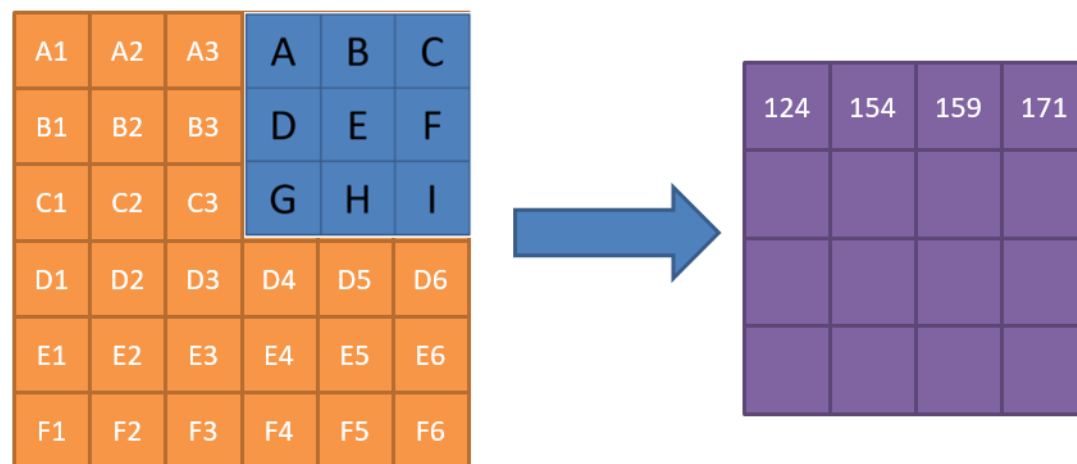
如上圖所示，將 filter 向右移動一格，再將相對應的數值進行相乘相加。

$$\text{Result} = A2*A + A3*B + A4*C + B2*D + B3*E + B4*F + C2*G + C3*H + C4*I = 154$$

154 便為新圖像的結果，位置為 G2。

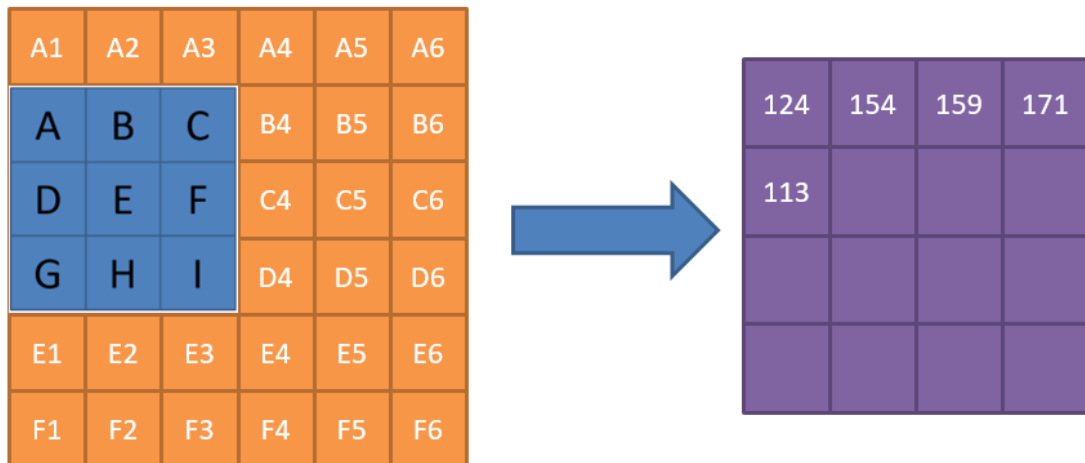
Step3~4.重複 step2

重複 step2 一直向右移動 filter 並且計算，得到相對應結果。下圖為 step5 的步驟。



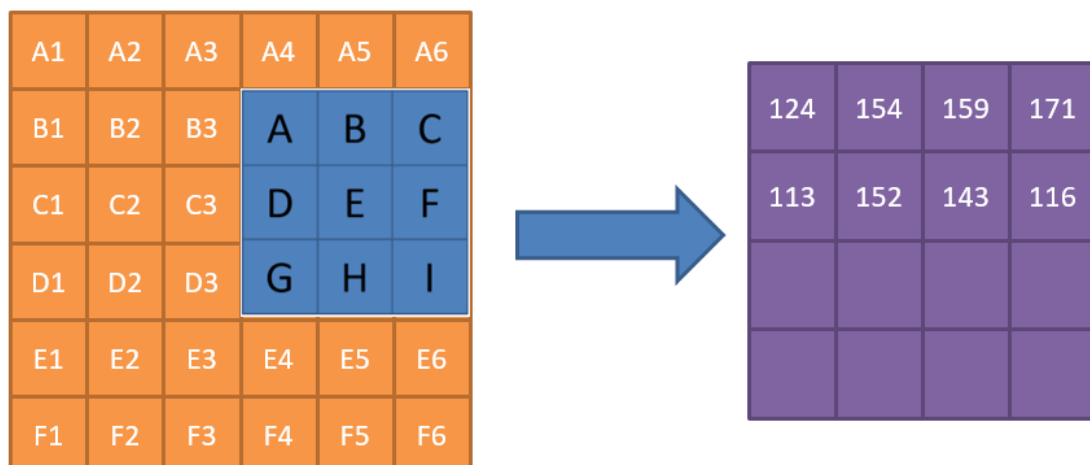
Step5. 往下移動

由 step1 的 filter 位置往下移動一格，並計算，得到相對應結果。



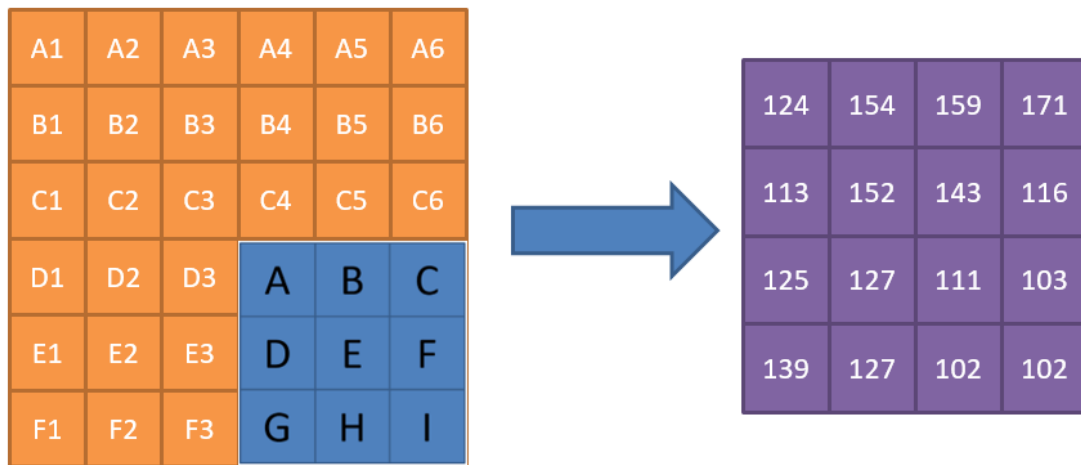
Step6~8. 重複 step2

重複 step2 一直向右移動 filter 並且計算，得到相對應結果。下圖為 step10 的步驟。



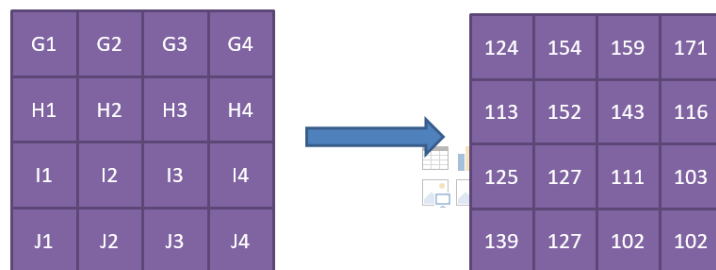
重複前面的步驟

得到一張完整的 4X4 的圖片。



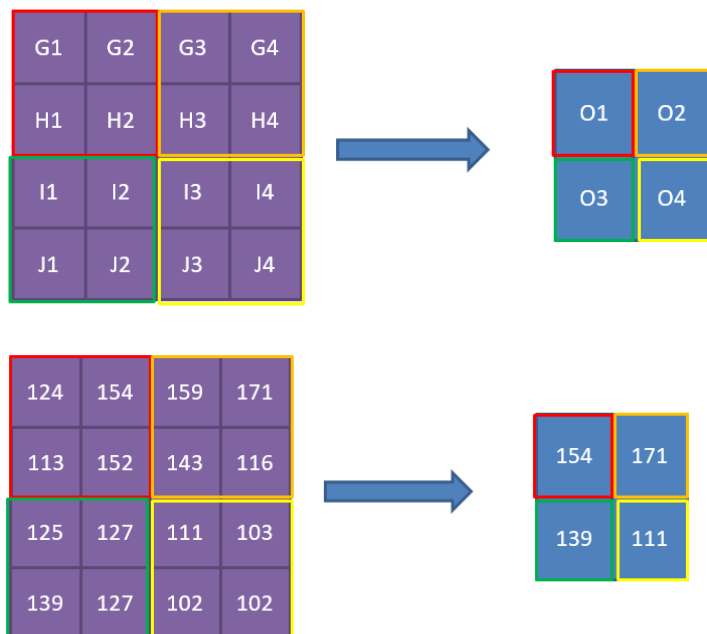
●convolution output

計算完成後，如下圖所示。



最後步驟

對 convolution 的 output 做 maxpooling，方法是於鄰近的 4 個值中找出最大的值，作為 downsampling 後的 output



最後再依照 O1 O2 O3 O4 的順序輸出圖片(使用 out_data)。

Input

Signal name	Number of bit	Description
clk	1 bit	Clock
rst_n	1 bit	Asynchronous active-low reset
image_valid	1 bit	為 1 時代表給 image 資料，連續給滿 64 cycle
filter_valid	1 bit	為 1 時代表給 filter 資料，連續給滿 9 cycle
in_data	3 bits	為連續資料，依據 image_valid 跟 filter_valid 判斷是哪種資料。

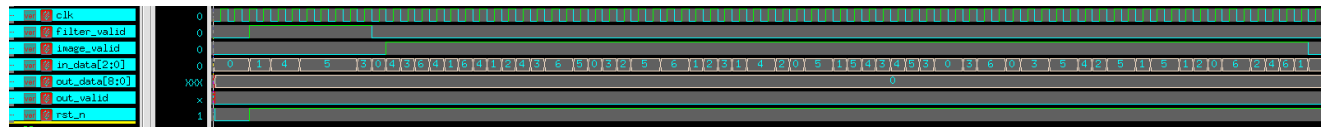
P.S.每組 pattern 都是 先給 filter 再給 image 的資料。

Output

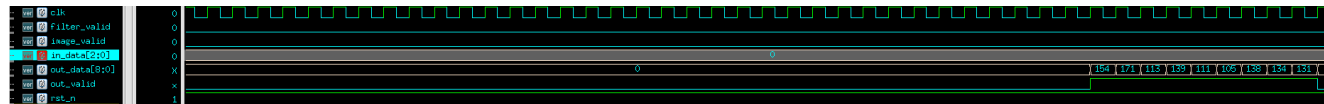
Signal name	Number of	Description
out_valid	1 bit	必須在 image_valid 落下後 100cycle 內拉起，out_valid 持續 9 個 cycle。
out	9 bits	依序輸出計算完後的結果，共 9 cycle。

Example Waveform

Pattern input



Pattern output



Specification

1. Top module name : Conv (File name: Conv.sv)
2. 所有 output 必須為 0，在非同步負準位 reset。
3. 02_SYN result 不行有 **error** 且不能有 **latches**。
4. Clock period 最大 7ns。
5. Input delay = 0.5 * Clock period，Output delay = 0.5 * Clock period。
6. 本次作業你們要自己寫 Pattern 去測試自己的 Design，寫法可以參考以前助教給的 Pattern，Pattern 要測試 Design 是否符合 Specifications 2~5 點。
7. Clock period 以 0.1ns 為單位，例如 5.1ns, 4.2ns..., 不要有 5.17ns, 4.16ns...。

上傳檔案

1. Code 在 09_UPLOAD 上傳。→ ./01_upload [your cycle time]
2. report_dcsxx.pdf, xx is your server account. 上傳至 new E3。
3. 請在 5/28 15:30 pm 之前上傳

Grading Policy

1. Pass the RTL& Synthesis simulation. 60%
2. Performance = A(area) x T (simulation time) 。 30%
(simulation time 是總模擬時間、不是每組 Pattern 的 Latency 總和)。
3. Report 10%
4. Bonus +5% 這次作業會找 Performance 不錯的同學上台分享自己的寫法、架構， 如果願意上台分享可以加分(要準備 PPT)。

Note

Template folders and reference commands:

1. 01_RTL/ (RTL simulation) ./01_run
2. 02_SYN/ (Synthesis) ./01_run_dc

報告請簡單且重點撰寫，不超過兩頁 A4，並包括以下內容

1. 描述你的設計方法，包含但不限於如何加速(減少 **critical path**)或降低面積。
2. 心得報告，不侷限於此次作業，對於作業或上課內容都可以寫下。
3. 遇到的困難與如何解決。

參考資料:

<https://medium.com/@chih.sheng.huang821/%E5%8D%B7%E7%A9%8D%E7%A5%9E%E7%B6%93%E7%B6%B2%E8%B7%AF-convolutional-neural-network-cnn-%E5%8D%B7%E7%A9%8D%E8%A8%88%E7%AE%97%E4%B8%AD%E7%9A%84%E6%AD%A5%E4%BC%90-stride-%E5%92%8C%E5%A1%AB%E5%85%85-padding-94449e638e82>