

TRANSPOSED CONVOLUTION

(UPSCALING)

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \text{ input image}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \text{ filter } 3 \times 3$$

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \text{ output image}$$

padding = 1
Stride = 2
 $h \times h + \text{padding} = 6 \times 6$

START WITH PADDED REGION

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \stackrel{\text{el. wise}}{=} \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 5 & -1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & -1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$

Ignore padded borders

Move filter 2 (stride) columns to the right

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & 5 & -1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & -1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 0 \\ -2 & 10 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & -1 & 10 & -2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

When numbers overlap

add them

Move kernel. If it reaches end, go back to the left side and move it down 2 (stride) rows like shown

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & -3 & 10 & -2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -3 & 0 \\ -3 & 15 & -3 \\ 0 & -3 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & -3 & 10 & -2 & 0 \\ 0 & -4 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 15 & -3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Multiply kernel, add overlap & move

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -4 & 0 \\ -4 & 20 & -4 \\ 0 & -4 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & -3 & 10 & -2 & 0 \\ 0 & -4 & 0 & -6 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & -7 & 20 & -4 & 0 \\ 0 & -3 & 0 & -4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$