

# SISTEMES DE PERCEPCIÓ ETIEI

Teoria: J.Freixenet i R.Garcia  
Pràctiques: J.Freixenet, R.Garcia  
X.Lladó, D.Raba

{jordif, rafa, llado, draba}@eia.udg.es

Dept. Electrònica, Informàtica i Automàtica

curs 2000-2001

1

## Esquema del curs (TEORIA):

- 1 Els sensors com a sistemes de percepció**
  - 1.1 El concepte de sensor
  - 1.2 Sensors de proximitat, de presència, distàncies llargues
  - 1.3 Altres tipus de sensors: tàctils, mesura de velocitat, acceleració, desplaçament
- 2 Adquisició d'imatges**
  - 2.1 Sensors: òptica elemental, CCD i vidicon
  - 2.2 Video càmeres: senyal de video, B&W i color, video-compost, RGB, PAL-SECAM-NTSC
  - 2.3 Altres tipus de càmeres: lineals, progressives, assíncrones, digitals
  - 2.4 Transmissió al computer: frame grabbers
  - 2.5 Formació de la imatge digital: sampling & quantization
- 3 Processament d'imatges**
  - 3.1 Introducció. B&W i color image processing, domini espacial i freqüencial
  - 3.2 L'histograma (operacions amb)
  - 3.3 Operacions a nivell de pixel: thresholding; aritmètica entre imatges; LUT's
  - 3.4 Operacions amb veïnats: noise supression, detecció de contorns
  - 3.5 Morfologia matemàtica
- 4 La visió per computador en l'entorn industrial**
  - 4.1 Introducció: inspecció, localització, identificació, classificar, mesurar. Plantejament general del problema
  - 4.2 Segmentació
  - 4.3 Caracterització: color, textura, forma (geometria en general)
  - 4.4 Classificadors
  - 4.5 Tècniques d'il·luminació
  - 4.6 Exemples (aplicacions reals)

2

# Esquema del curs (PRÀCTIQUES):

3

## 3 Processament d'imatges

1 Els sensors

2 Adquisició d'imatges

3 Processament

- Introducció

- Histograma

- Operacions a nivell pixel

- Operacions amb veïnats

- Morfologia matemàtica

4 Entorn industrial

### Què és el processament d'imatges?

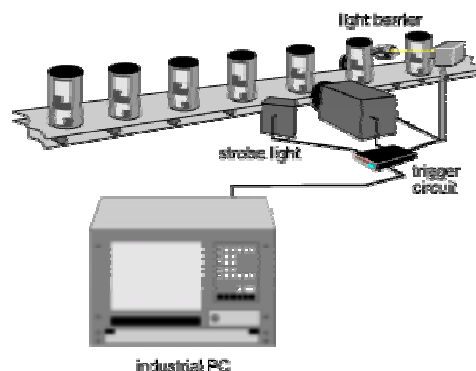
[Vernon] Processament Digital d'Imatges  $\Rightarrow$  transformació d'una imatge en una altra imatge (normalment "realçada").

[Gonzalez] Concepte de realçat  $\Rightarrow$  processament d'una imatge per tal que el resultat sigui més adient que la imatge original per una aplicació específica.

[Vernon] Anàlisi d'Imatges  $\Rightarrow$  transformació d'una imatge en "quelcom" diferent d'una imatge.

[Demant] Transformar una imatge en una de nova similar a la inicial, però ressaltant certes característiques.

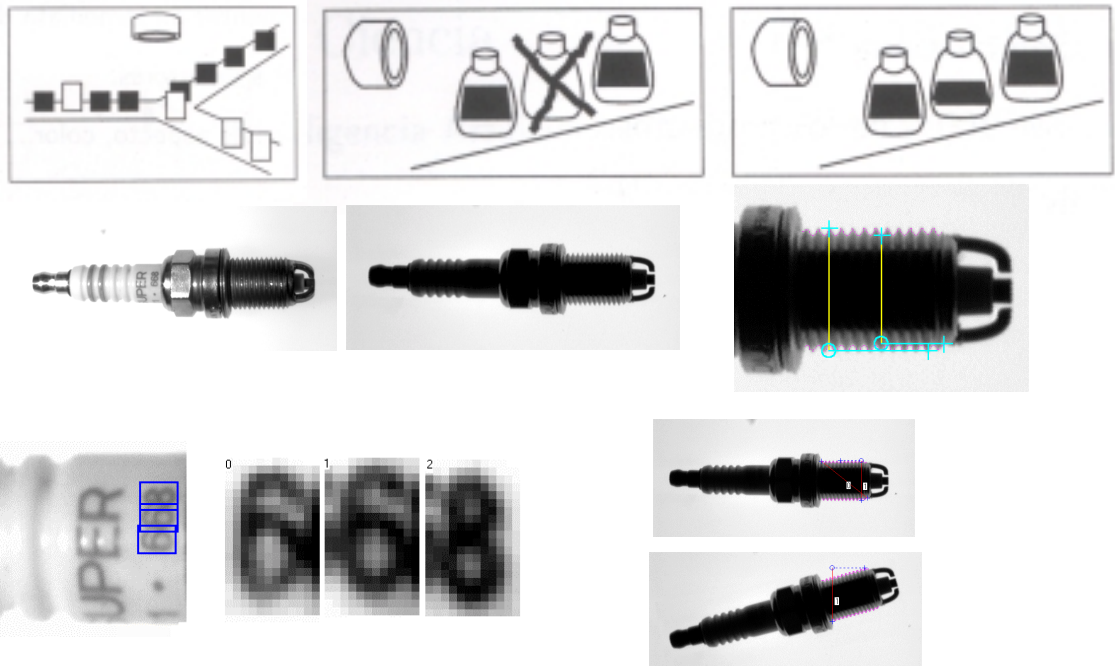
### Perquè serveix?



4

### 3 Processament d'imatges

**Perquè serveix? Mesurar, classificar, identificar, inspeccionar, localitzar,...**



5

### 3 Processament d'imatges

#### **Mètodes de domini espacial**

- Domini espacial  $\Rightarrow$  conjunt de píxels que configuren l'imatge.
- Mètodes de domini espacial  $\Rightarrow$  procediments que operen directament sobre aquests píxels.

$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

$T$ - operador sobre la imatge original  $f$ .

#### **Mètodes de domini freqüencial**

- Es basen en modificar la transformada de Fourier d'una imatge:

$$G(f_x, f_y) = H(f_x, f_y) F(f_x, f_y)$$

- Donada una  $f(x,y)$ , calculem  $F(f_x, f_y)$  i escollim una  $H(f_x, f_y)$ , tal que

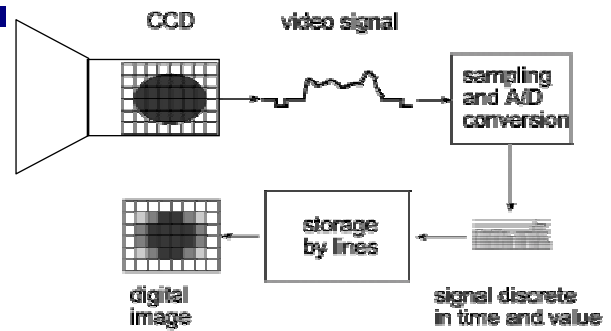
$$g(x,y) = F^{-1}[H(f_x, f_y) F(f_x, f_y)]$$

ens resalti algun aspecte de  $f(x,y)$ .

6

### 3 Processament d'imatges

#### Què és una imatge digital?



- Dos punts de vista:
  - una funció matemàtica  $f(x,y)$
  - una estructura de dades; un array 2D de pixels
- Com fer la conversió?
  - spatial digitalization (sampling): quantes files i columnes té una imatge?
  - amplitude digitalization (quantifying): quants nivells de gris té cada pixel?

7

### 3 Processament d'imatges

#### Ressolució espacial



$n=256 \times 256$



$n=128 \times 128$



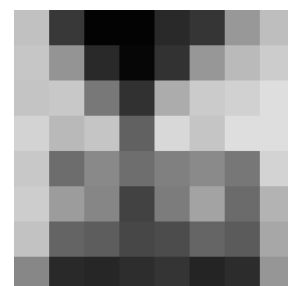
$n=64 \times 64$



$n=32 \times 32$



$n=16 \times 16$



$n=8 \times 8$

8

### 3 Processament d'imatges

#### Ressolució en amplitud



$z = 8 \text{ bits}$   
256 gray  
levels



$z = 4 \text{ bits}$   
16 gray  
levels



$z = 2 \text{ bits}$   
4 gray  
levels



$z = 1 \text{ bit}$   
2 gray  
levels

9

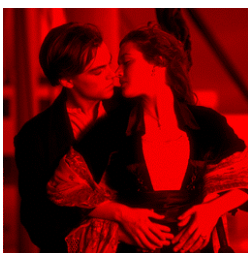
### 3 Processament d'imatges

#### B/W i imatges en color:



imatge B/W = 1 pla = 1 matriu de pixels, on  
cada pixel es representa per  $z$  bits

imatge color = 3 plans = 3 matrius de pixels;  
on cada pixel es representa per  $3 \cdot z$  bits



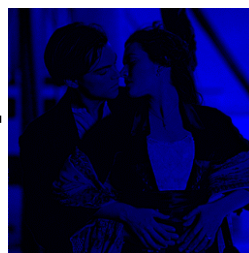
**R**

+



**G**

+



**B**

=



10

## 3 Processament d'imatges

### Tipus d'operacions

tres classes d'operacions:

- involucren una imatge:
  - operacions a nivell de pixel: histogramming, thresholding, aritmètiques.
  - operacions que tenen en compte el veinatge: convolució espacial, noise suppression, detecció de contorns.
- Involucren més d'una imatge:
  - operacions aritmètiques: resta, suma,...

## 3 Processament d'imatges

### Histogramming (1):

- the idea is to represent the frequency of occurrence of all the gray levels appearing in the image. That is:

```
initialize all the  $H(z)=0$ 
for every pixel (i,j)
{
    int=pixel(i,j)
     $H(int)=H(int)+1$ 
}
```

- the relation image-histogram is no-reciprocal
- why is useful?

provide information about the nature of the image and its quality

facilitates information for further processing

### 3 Processament d'imatges

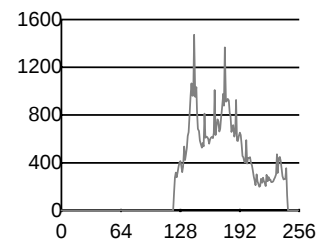
#### Histogramming (2):

Un exemple  
d'operació:

**Equalització  
del histograma**



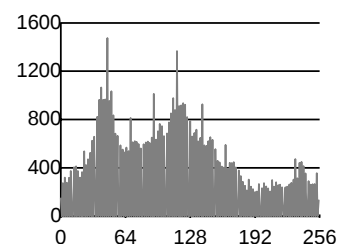
Source image



Histogram



Equalized image



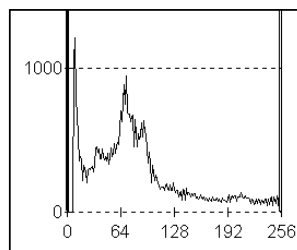
Histogram

### 3 Processament d'imatges

#### Thresholding:



$f$



$histogram(f)$

if  $f(x,y) > T$  then  $g(x,y) = 255$   
else  $g(x,y) = 0$

where  $T$  is the threshold



$g$  when  $T=50$



$g$  when  $T=75$



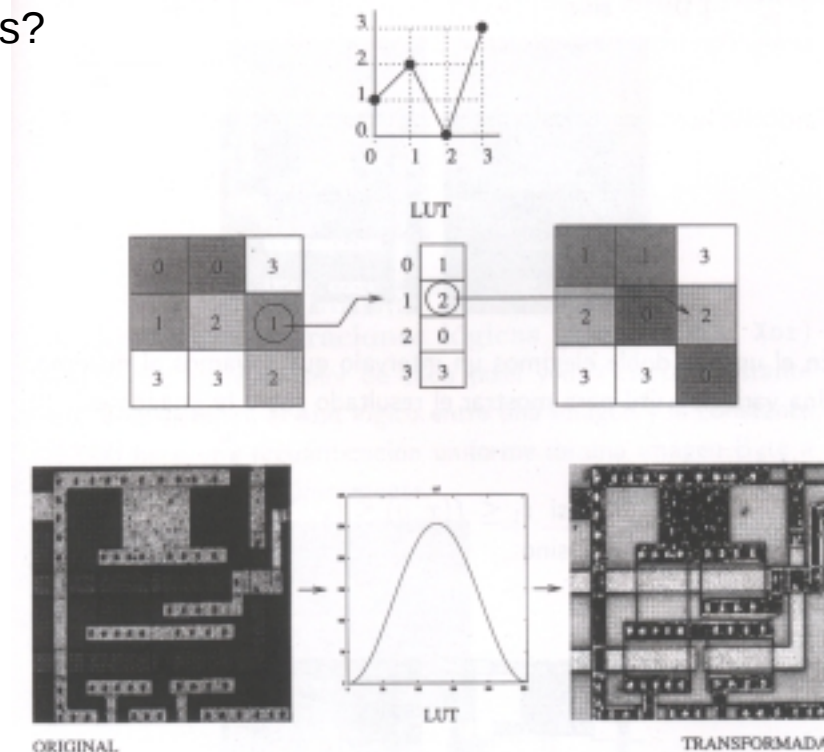
$g$  when  $T=128$



$g$  when  $T=240$

## Processament d'imatges:

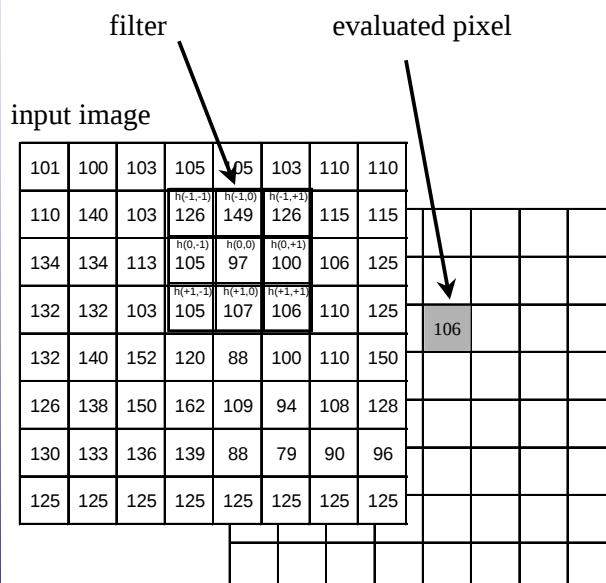
**LUT (Look-up table):** només per operacions puntuals?



15

## 3 Processament d'imatges

### Operacions amb veïns:



### *Filtres espacials / masqueres:*

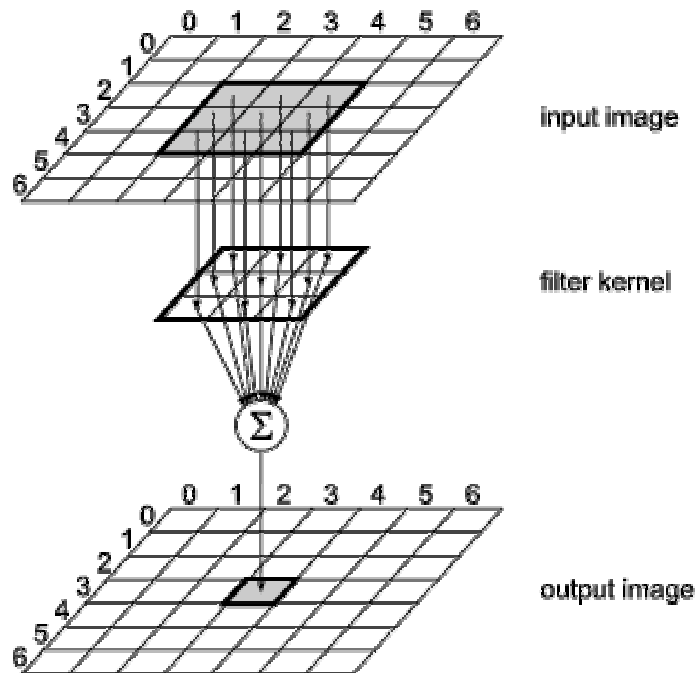
for each pixel of the image, a small window is computed realising some operation. The central pixel changes in function of its neighbourhood

### *Example:*

median filter: computes the median of all the  $h(i,j)$  belonging to the window. Values of the win= 126,149,126,105,97,100,105,107, 106 The sorted list= 97,100,105,105,106,107,126,126, 149 The median value is 106

### 3 Processament d'imatges

#### Principi general del funcionament d'un filtre espacial:



### 3 Processament d'imatges

$$\begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & 255 & 0 & 255 & \dots \\ \dots & 255 & 0 & 255 & \dots \\ \dots & 255 & 0 & 255 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} * \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & 170 & 85 & 170 & \dots \\ \dots & 170 & 85 & 170 & \dots \\ \dots & 170 & 85 & 170 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

#### Noise supression: mediana i mitjana



source: 20% noise

median 3x3



source: 40% noise

median 3x3

median 3x3

### 3 Processament d'imatges

#### Detecció de contorns:

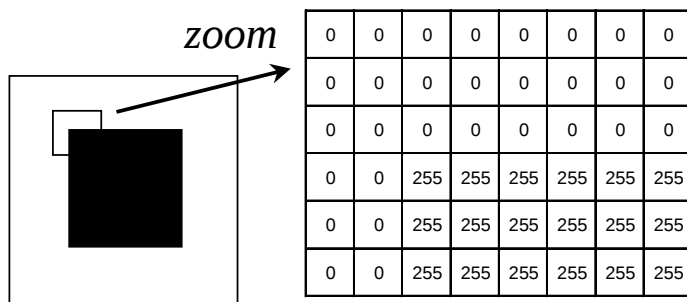
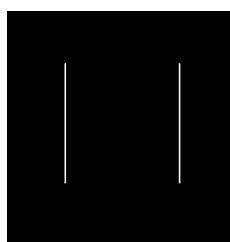
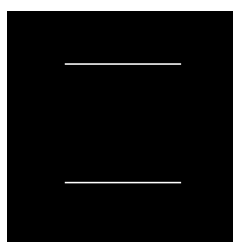


image source



Horizontal edge mask:

|    |    |    |
|----|----|----|
| -2 | -2 | -2 |
| 0  | 0  | 0  |
| 2  | 2  | 2  |

Vertical edge mask:

|    |   |   |
|----|---|---|
| -2 | 0 | 2 |
| -2 | 0 | 2 |
| -2 | 0 | 2 |

### Processament d'imatges:

**Detecció de contorns:** Si "Averaging" és anàloga a integrar, la diferenciació tindrà l'efecte contrari  $\Rightarrow$  accentuar contorns?

$$\frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & w & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

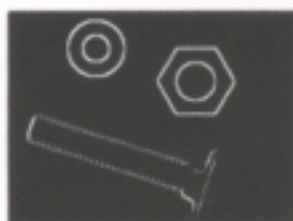
$$|\nabla f| = |G_x| + |G_y|$$

$$\text{Cas discret, } G_x = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$G_y = f(x, y+1) - f(x, y)$$

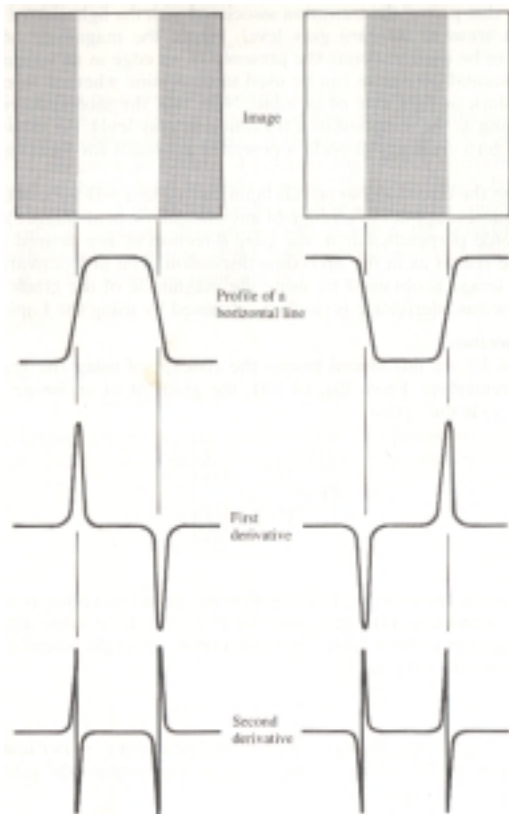
|         | $G_x$                                     | $G_y$                                     |
|---------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Roberts | $a_4 - a_8$                               | $a_7 - a_5$                               |
| Sobel   | $(a_2 + 2a_5 + a_8) - (a_0 + 2a_3 + a_6)$ | $(a_6 + 2a_7 + a_8) - (a_0 + 2a_1 + a_2)$ |
| Prewitt | $(a_2 + a_5 + a_8) - (a_0 + a_3 + a_6)$   | $(a_6 + a_7 + a_8) - (a_0 + a_1 + a_2)$   |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| $a_0$ | $a_1$ | $a_2$ |
| $a_3$ | $a_4$ | $a_5$ |
| $a_6$ | $a_7$ | $a_8$ |



Sobel

### 3 Processament d'imatges



|   |   |     |     |     |     |     |     |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |

Pixel i,j a processor

$$H = -2*0 + -2*0 + -2*0 + 0*0 + 0*0 + 0*0 + 2*255 + 2*255 + 2*255 = 1530$$

$$L = 0*0 + -1*0 + 0*0 + -1*0 + 4*0 + -1*0 + 0*255 + -1*255 + 0*255 = -255$$

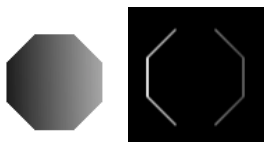
*Horizontal edge:*

|    |    |    |
|----|----|----|
| -2 | -2 | -2 |
| 0  | 0  | 0  |
| 2  | 2  | 2  |

*Laplacian:*

|    |    |    |
|----|----|----|
| 0  | -1 | 0  |
| -1 | 4  | -1 |
| 0  | -1 | 0  |

### 3 Processament d'imatges

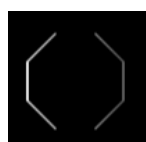


$$\begin{vmatrix} 255 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \\ 255 & 255 & 255 \end{vmatrix} \times \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = 0.$$

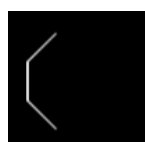
$$\begin{vmatrix} 255 & 255 & 255 \\ 128 & 128 & 128 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \times \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = 511 - 511 = 0.$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 128 & 255 \\ 0 & 128 & 255 \\ 0 & 128 & 255 \end{vmatrix} \times \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{4} |-1020| = 255.$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 128 \\ 0 & 128 & 255 \\ 128 & 255 & 255 \end{vmatrix} \times \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \frac{1}{4} |-768| = 192.$$



valor absolut



valors positius



valors negatius



valors relatius

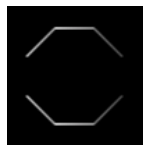
### 3 Processament d'imatges

$$S_1 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad S_3 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$S_2 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}, \quad S_4 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$



S1



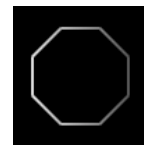
S2



S3



S4



Maximum

### 3 Processament d'imatges

#### Detecció de contorns:

|    |    |    |
|----|----|----|
| 1  | 2  | 1  |
| 0  | 0  | 0  |
| -1 | -2 | -1 |

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

Sobel



|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8  | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

Laplacian

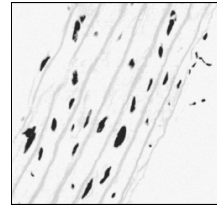


## Processament d'imatges:

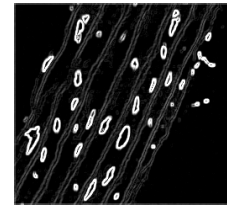
- Roberts

|   |    |
|---|----|
| 1 | 0  |
| 0 | -1 |

|    |   |
|----|---|
| 0  | 1 |
| -1 | 0 |



(a) Imatge original

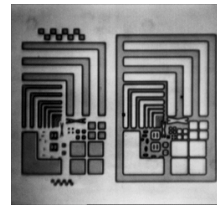


(b) Filtre Sobel

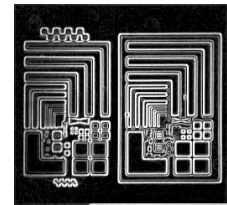
- Prewitt

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| 0  | 0  | 0  |
| 1  | 1  | 1  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -1 | 0 | 1 |
| -1 | 0 | 1 |



(a) Imatge original



(b) Filtre Sobel

- Sobel

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0  | 0  | 0  |
| 1  | 2  | 1  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |



(a) Imatge original



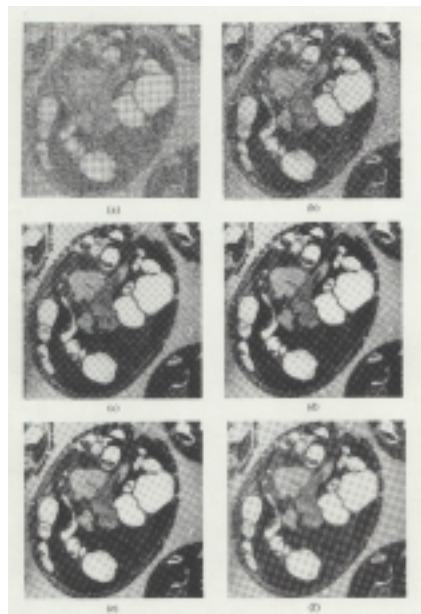
(b) Filtre Prewitt

25

## Processament d'imatges:

### Eliminació del soroll per suma d'imatges.

- Idea  $\Rightarrow$  si és possible obtenir múltiples imatges d'una escena, agafades en instants diferents (i l'escena no conté objectes mòbils), llavors podem reduir soroll calculant la mitja d'aquestes imatges.



26

### 3 Processament d'imatges

#### Background subtraction:

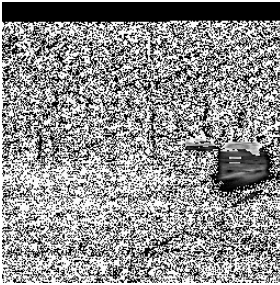


$f1$

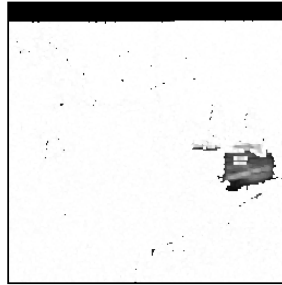


$f2$

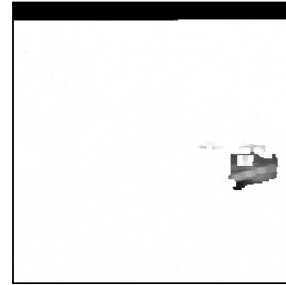
```
subtraction {  
  for each pixel do  
     $g(x,y) = f1(x,y) - f2(x,y)$   
  end }
```



$g$



$dilate(g)$



$dilate(dilate(g))$

### 3 Processament d'imatges

#### Involving more than one image:



$f1$

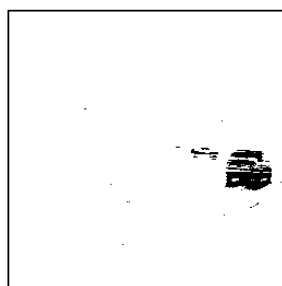


$f2$

```
absolute subtraction {  
  for each pixel do  
     $g(x,y) = |f1(x,y) - f2(x,y)|$   
  end }
```



$g$



$g$  thresholded by 50

### 3 Processament d'imatges

## MORFOLOGIA MATEMÀTICA



### 3 Processament d'imatges - 3.1 dilate

1.- L'operació identitat no canvia la imatge: no hi ha desplaçaments definits l'únic 1 no defineix cap desplaçament.

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE DILATADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.- Desplaçament a l'esquerra. L'únic 1 defineix un desplaçament de la imatge cap a l'esquerra.

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE DILATADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# 3 Processament d'imatges

## 3. Unió

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

MATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE DILATADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE DILATADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# 3 Processament d'imatges

Si apliquem el següent SE:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

Sobre la imatge:

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

El resultat és:

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Que és la **unió** de les imatges:

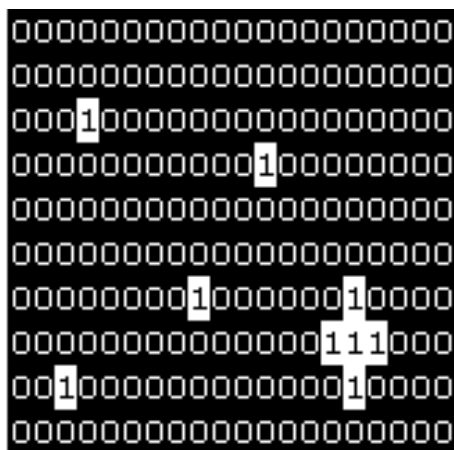
|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

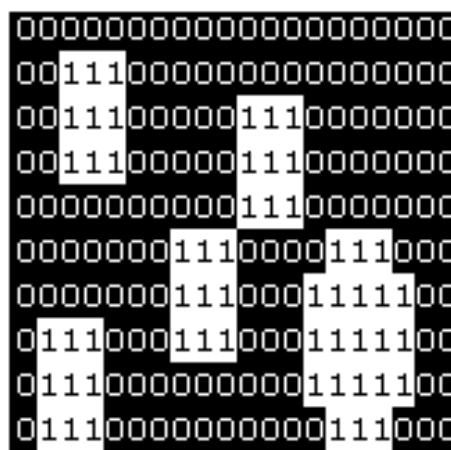
### 3 Processament d'imatges

Màscara  
completa:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

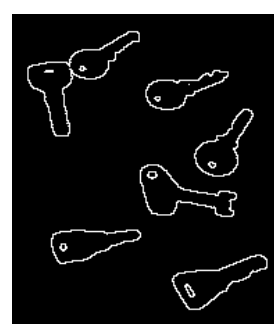
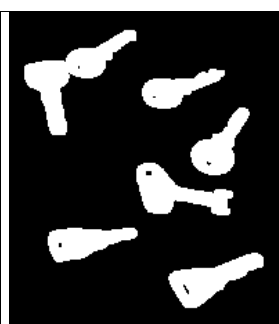


Imatge original

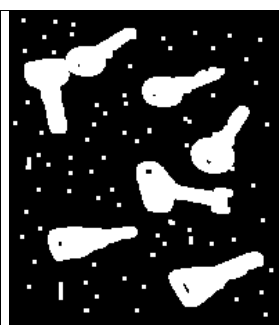
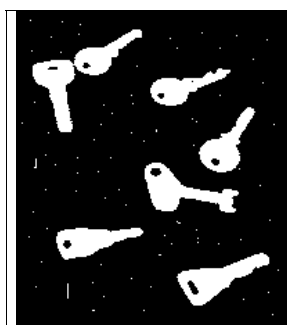


Imatge resultat

### 3 Processament d'imatges



Dilate - original



## 3 Processament d'imatges - 3.2 Erode

1.- L'operació identitat no canvia la imatge: no hi ha desplaçaments definits l'únic 1 no defineix cap desplaçament.

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE EROSIONADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.- Desplaçament a la dreta. L'únic 1 defineix un desplaçament de la imatge cap a la dreta ( en sentit invers).

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE EROSIONADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

## 3 Processament d'imatges

### 3. Intersecció

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE EROSIONADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SE 3x3

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

IMATGE ORIGINAL

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IMATGE EROSIONADA

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

### 3 Processament d'imatges

Si apliquem el següent SE:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

Sobre la imatge:

El resultat és:

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Que és la intersecció de les imatges:

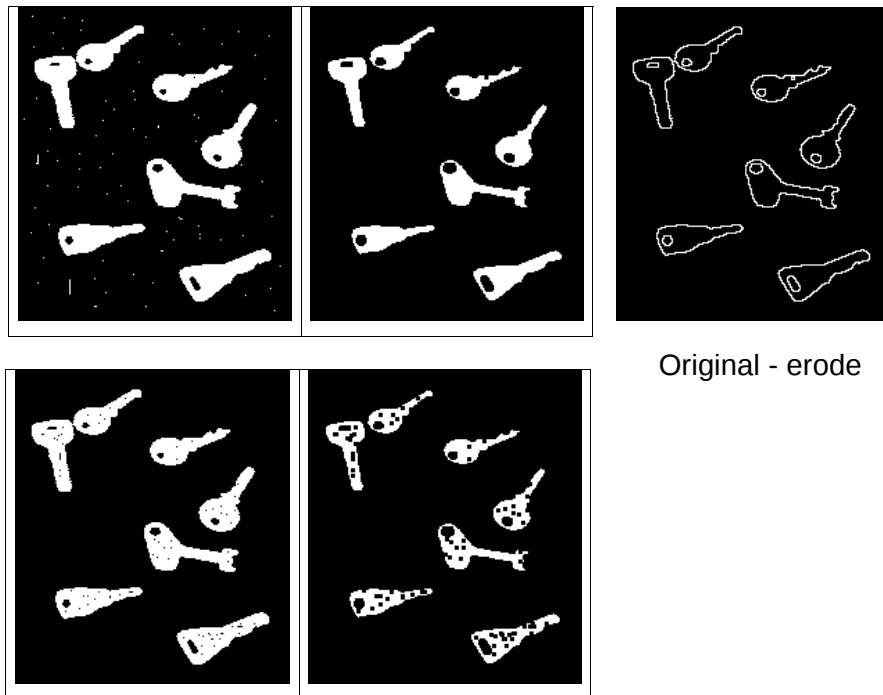
### 3 Processament d'imatges

Màscara completa:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

[illegible][illegible]

### 3 Processament d'imatges



Original - erode

### 3 Processament d'imatges

**Open =  $A \circ B$**  on **A** representa la imatge i **B** l'element estructural.

Es defineix l'operació Opening com:

$$\underline{A \circ B = (A \ominus B) \oplus B}$$

O sigui, aplicar sobre una imatge una erosió seguida d'una dilatació, realitzades ambdues amb el mateix element estructural.

L'operació s'utilitza per eliminar objectes petits, protuberàncies en la forma dels objectes i connexions entre diferents objectes.

**Close =  $A \bullet B$**  on **A** representa la imatge i **B** l'element estructural.

Es defineix l'operació Closing com:

$$\underline{A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B}$$

O sigui, aplicar sobre una imatge una dilatació seguida d'una erosió, realitzades ambdues amb el mateix element estructural.

L'operació s'utilitza per eliminar forats de l'interior dels objectes i treure el soroll "Pepper".

### 3 Processament d'imatges

#### Bibliografia

- *Digital Image Processing*. Rafael C.Gonzalez, Richard E. Woods. Addison Wesley publishing company, 1993.
- *Industrial Image Processing, Visual Quality Control in Manufacturing*. C.Demant, B.Streicher-Abel, P.Waszkewitz. Springer-Verlag, 1999.
- *Machine Vision. Automated Visual Inspection and Robot Vision*. David Vernon. Prentice Hall, 1991.
- *Aplicaciones de la Visión por Computador a la Industria*. A. Lopez et al. Centre de Visió per Computador, Bellaterra, Barcelona, 1997.
- *Machine Vision. Theory, Algorithms, Practicalities*. E.R. Davies. Academic Press, 1997.
- *Image Processing. The fundamentals*. Maria Petrou, Panagiota Bosdogianni. John Wiley & Sons, Ltd, 1999.