



Computação Gráfica

Realce de bordas

Profa. Fátima Nunes

Por que bordas são importantes em imagens?

- **Uso de máscaras - *templates***

- ***Template*** ▶ máscara utilizada para a realização de operações na vizinhança de um pixel.
- Matriz cujo elemento central é posicionado no pixel de interesse.
- Os elementos da vizinhança, incluindo o pixel em questão, são multiplicados pelos valores indicados nas posições correspondentes da matriz.

- **Uso de máscaras - *templates***

- Soma dos resultados obtidos substitui o valor do pixel de interesse na nova imagem.

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

Máscara de tamanho 3 X 3

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

w_1	w_2	w_3	0	0	0	0	0	0	0
w_4	w_5	w_6	0	0	0	0	0	0	0
w_7	w_8	w_9	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	w_1	w_2	w_3	0	0	0	0	0	0
0	w_4	w_5	w_6	0	0	0	0	0	0
10	w_7	w_8	w_9	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	0	w_1	w_2	w_3	0	0	0	0	0
0	0	w_4	w_5	w_6	0	0	0	0	0
10	10	w_7	w_8	w_9	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	0	0	0	0	0	0	w ₁	w ₂	w ₃
0	0	0	0	0	0	0	w ₄	w ₅	w ₆
10	10	0	0	0	0	0	w ₇	w ₈	w ₉
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
w ₁	w ₂	w ₃	0	0	0	0	0	0	0
w ₄	w ₅	w ₆	0	0	0	0	0	0	0
w ₇	w ₈	w ₉	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- **Uso de máscaras – Exemplos máscara 3x3**

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	30
30	30	30	30	30	50	50	30	30	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Processamento de Baixo Nível

- Exercício

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	50	40	0
15	20	20	30	40	40	50	80	80	0
30	30	30	30	30	50	50	50	50	0
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Considerando cada pixel da imagem denominado por $I_{i,j}$ e cada posição da máscara como $M_{k,l}$, qual é o algoritmo para aplicar na imagem toda uma máscara de tamanho 3x3?

Processamento de Baixo Nível

- Exercício

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	20	10	0	0	0	0	0	0
10	20	25	25	25	20	0	0	0	0
20	20	25	25	25	30	30	30	0	0
20	20	20	20	30	40	40	30	40	30
15	20	20	30	40	40	50	40	50	30
30	30	30	30	30	50	50	50	50	30
10	10	20	20	20	40	40	40	50	10

Considerando cada pixel da imagem denominado por $I_{i,j}$ e cada posição da máscara como $M_{k,l}$, qual é o algoritmo para aplicar na imagem toda uma máscara de tamanho $N \times N$?

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente ???**

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente ???**

Vetor que aponta para onde a função tem seu maior crescimento.

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente**

Exemplo: gradiente de $f(x,y) = x^2 + y^2 + xy$

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} 2x + y \\ 2y + x \end{bmatrix}$$

- *Realce de bordas e detalhes*
- *Realce por diferenciação*
 - Maioria dos métodos usados de realce de bordas em processamento de imagens é baseada na aplicação de gradientes.
 - Dada uma função $f(x,y)$, o gradiente de f nas coordenadas (x,y) é definido pelo vetor:

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- ***Deteção de bordas e detalhes***
- ***Realce por diferenciação***
 - Duas propriedades importantes do gradiente são:
 - o vetor $G[f(x,y)]$ aponta na direção do máximo da função $f(x,y)$;
 - a magnitude de $G[f(x,y)]$ é dada por:

$$mag[G] = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

- *Detecção de bordas e detalhes*
- *Realce por diferenciação*
 - Para uma imagem digital, a magnitude pode ser aproximada pelas diferenças.
 - Uma aproximação comumente utilizada é:

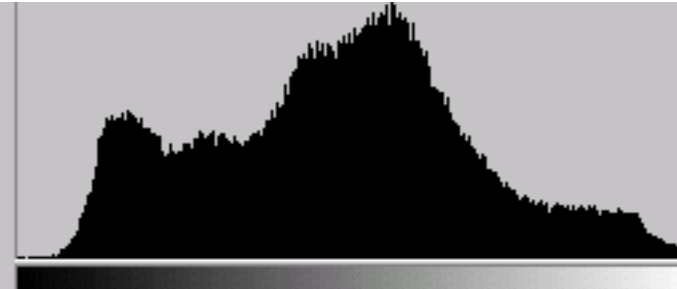
$$G[f(x, y)] \cong \sqrt{\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}}$$

- ***Deteção de bordas e detalhes***
- ***Realce por diferenciação***
 - A utilização de valores absolutos produz resultados similares:

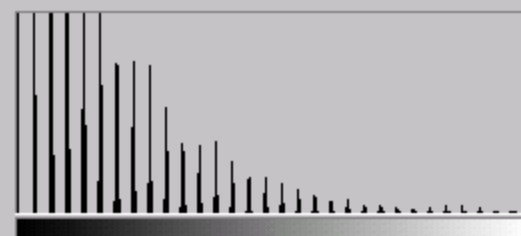
$$G[f(x, y)] \cong |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

- Portanto, subtraindo-se ponto a ponto a imagem resultante da diferenciação da imagem original, pode-se obter uma imagem final com detalhes realçados.

Gradiente - Exemplo

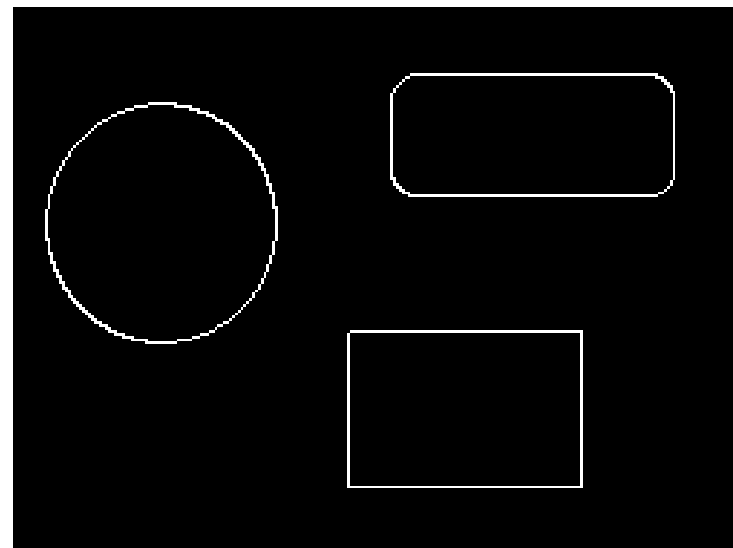
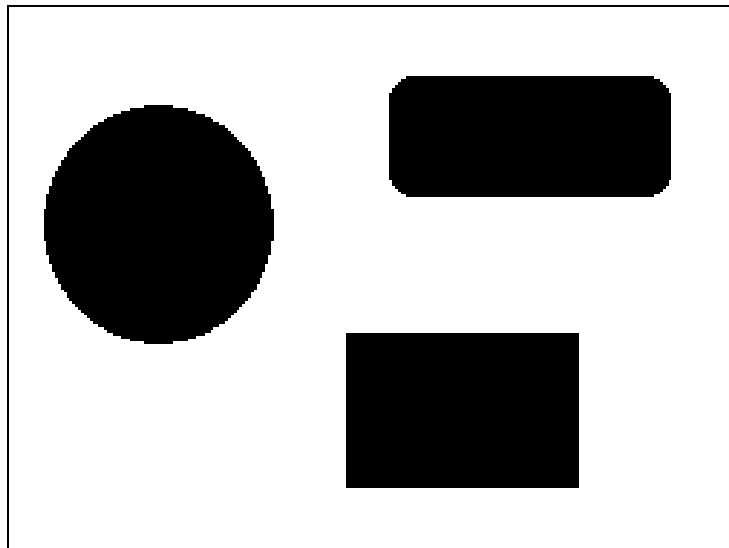


Mean: 119,43 Level: 100
Std Dev: 51,52 Count: 1162
Median: 122 Percentile: 34,42
Pixels: 187500 Cache Level: 1



Mean: 47,29 Level:
Std Dev: 43,11 Count:
Median: 33 Percentile:
Pixels: 47000 Cache Level: 1

Gradiente - Exemplo



- *Realce por diferenciação - algoritmo*

$$G[f(x, y)] \cong |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

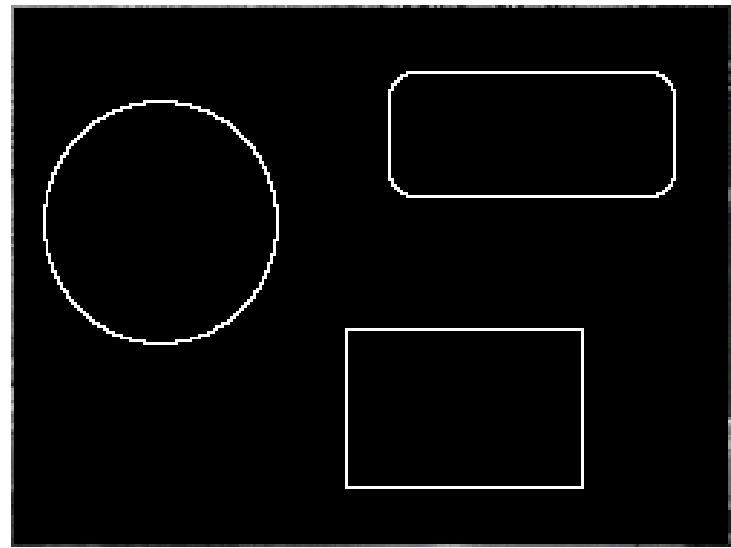
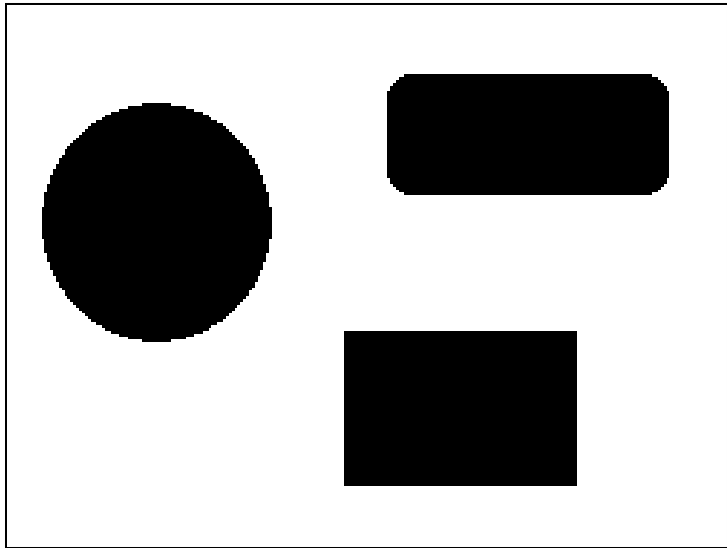
- *Detecção de bordas e detalhes*
- *Filtro passa-alta*
 - Realça componentes de alta frequência - sinais pequenos e bordas.
 - Template:

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

- *Filtro passa-alta*



- *Filtro passa-alta*



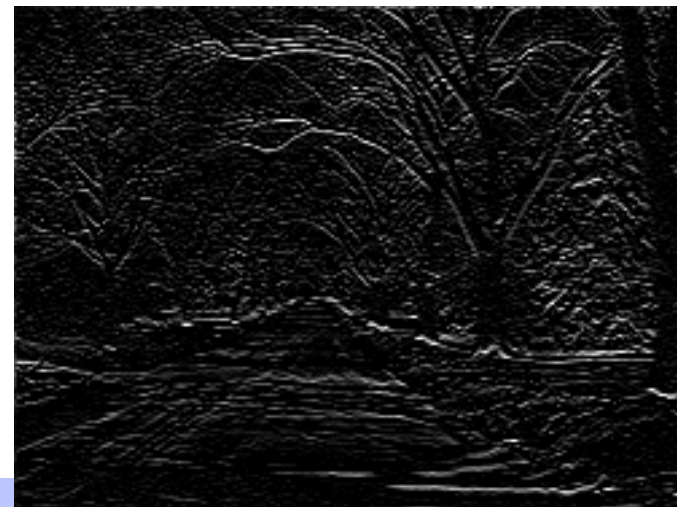
- *Detecção de bordas e detalhes*
- *Operador Gradiente - Borda Horizontal*
 - Template:

-1	-1
1	1

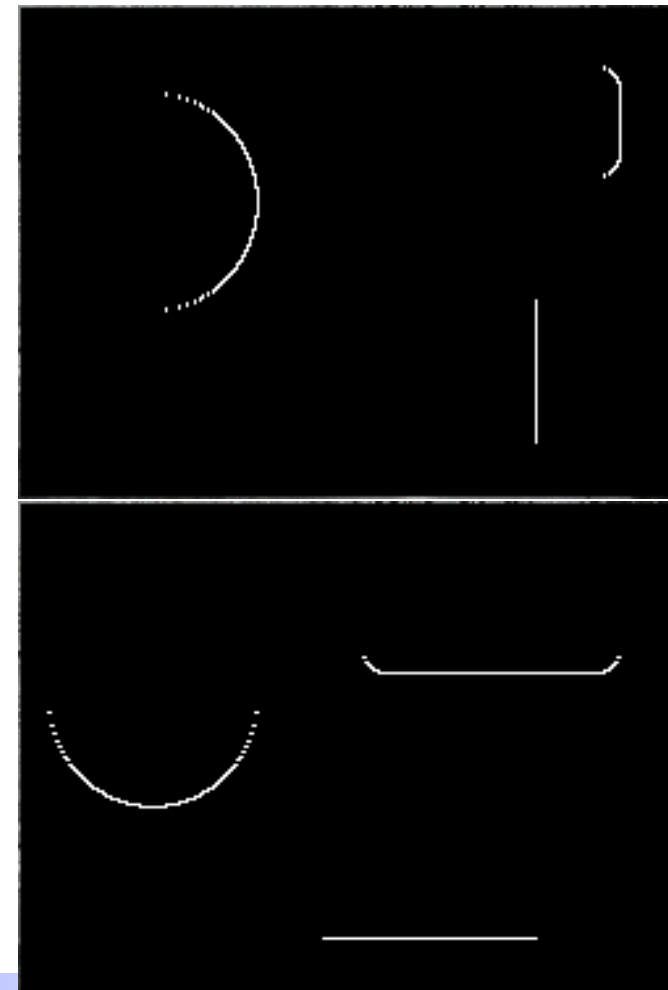
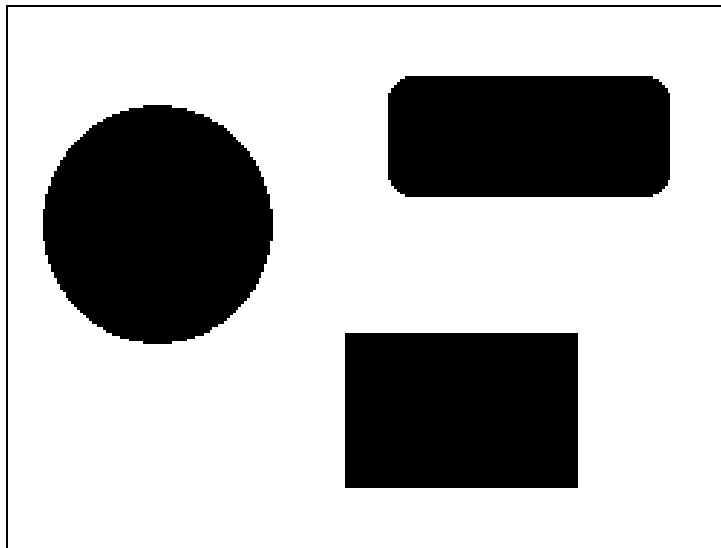
- *Detecção de bordas e detalhes*
- *Operador Gradiente - Borda Vertical*
 - Template:

-1	1
-1	1

- *Borda - Gradiente Vertical e Horizontal*



- *Borda - Gradiente Vertical e Horizontal*



- *Detecção de bordas e detalhes*
- *Detector de Bordas de Sobel*
 - Bom para imagens ruidosas.
 - Templates:

Horizontal

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

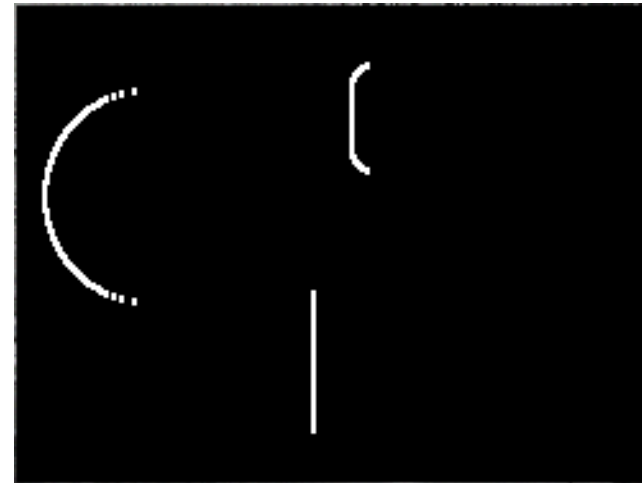
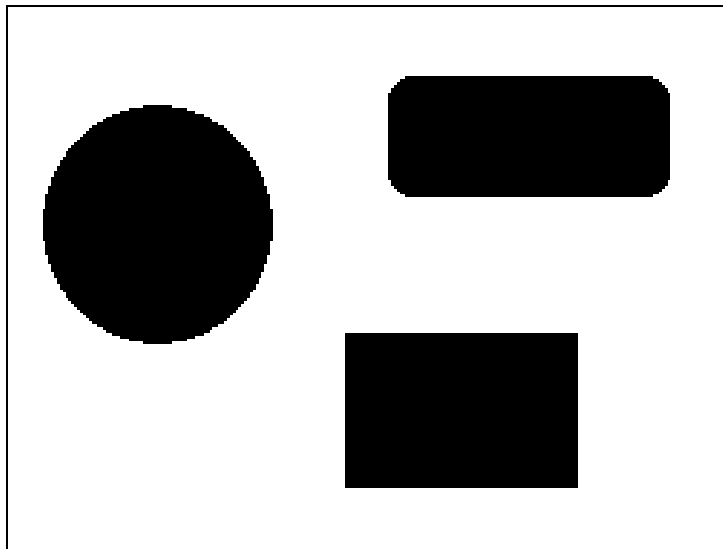
Vertical

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

- *Sobel - Vertical e Horizontal*



- Sobel - Vertical e Horizontal*



Exercícios (para entregar)

1) Continuar a implementação do programa iniciado na aula anterior, incluindo as seguintes funcionalidades:

- realce de bordas utilizando gradiente
- filtro passa alta

2) Para cada uma das funcionalidades dos exercícios anteriores:

- processar uma imagem escolhida por você (em nível de cinza) e apresentar a imagem original, a imagem processada e seus respectivos histogramas;

Siga as instruções de entrega disponibilizadas na plataforma utilizada pela disciplina.



Computação Gráfica

Realce de bordas

Profa. Fátima Nunes