

**Universidade de Évora**  
Arquitetura de Sistemas e Computadores  
Relatório do Trabalho Prático

João Calhau - 31621  
André Figueira - 31626

8 de Junho de 2014



## Conteúdo

<b>1</b>	<b>Objectivo</b>	<b>3</b>
1.1	Como é que este objectivo vai ser atingido? . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Descrição</b>	<b>4</b>
2.1	Esquema . . . . .	4
2.2	Conversão da imagem para formato RGB . . . . .	5
2.3	O procedimento . . . . .	6
2.3.1	O .data segment . . . . .	6
2.3.2	O .text segment . . . . .	7
2.4	Conversão de formato .GRAY para formato .jpg (exemplo) . .	13
<b>3</b>	<b>Curiosidades</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Bibiografia</b>	<b>16</b>

# 1 Objectivo

Pretende-se com este trabalho desenvolver um conjunto de funções em assembly Mips para detecção de contornos em imagens a cores. Dada uma imagem RGB, o resultado final iria ser uma imagem em tons de cinzento, com fundo branco e com traços escuros nos locais onde existem contornos na imagem original.

## 1.1 Como é que este objectivo vai ser atingido?

Este objectivo vai ser atingido através de várias funções criadas que irão dividir o problema em várias funções de forma a facilitar a resolução. Durante a construção destas funções notam-se também o chamamento de funções auxiliares para dividir o problema numa forma mais detalhada.

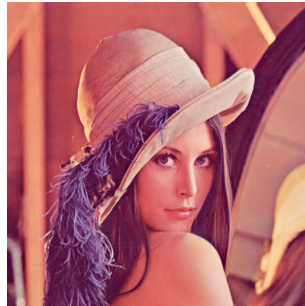


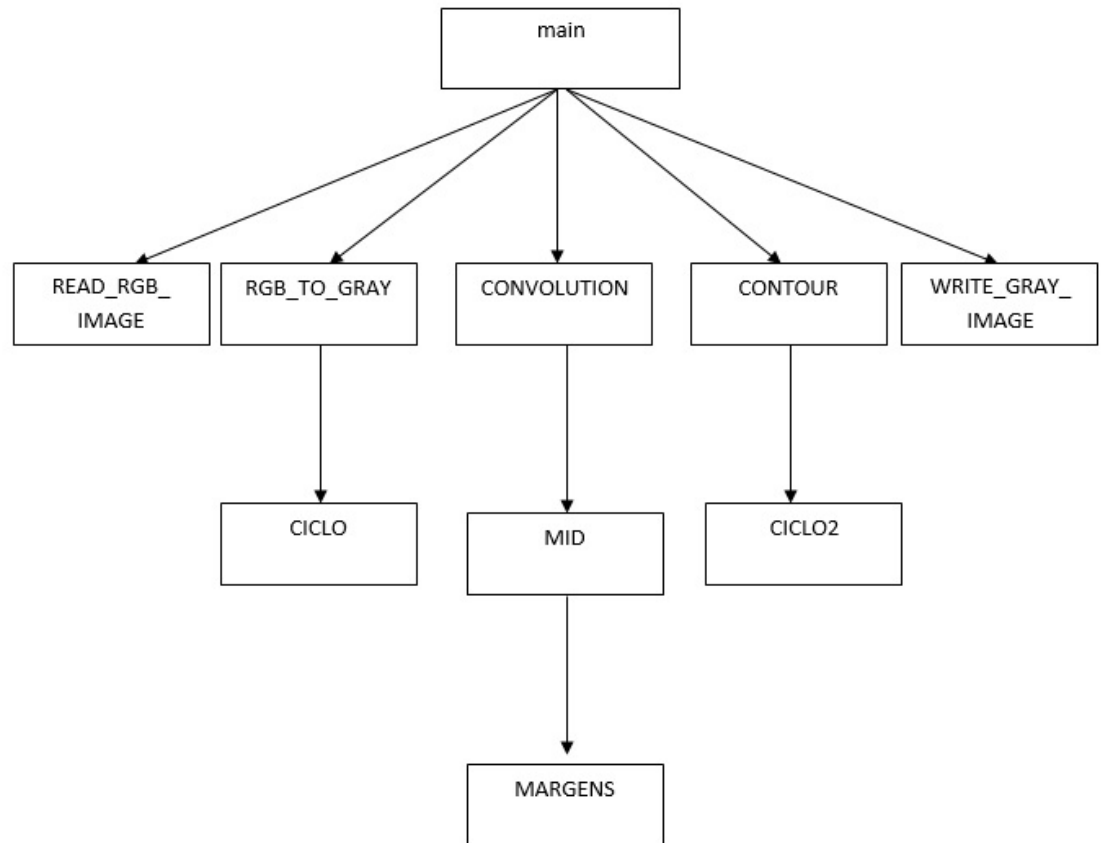
Figura 1: Lena



Figura 2: Lena (Final)

## 2 Descrição

### 2.1 Esquema



## 2.2 Conversão da imagem para formato RGB

Usando a linha de comando **sudo apt-get install ImageMagick** obtém-se uma ferramenta capaz de conseguir atingir o objectivo de conversão para RGB. O Próximo passo consiste em abrir o terminal e na directoria, onde se encontra a imagem que irá ser utilizada, usar a linha de comando **convert example.tiff example.rgb**, sendo **.tiff** um formato de imagem (podendo ser este qualquer outro, por exemplo **.jpg**) como resultado obtemos uma imagem em formato RGB pronta a ser utilizada pelo programa.

## 2.3 O procedimento

A explicação do procedimento é feita em duas partes, a primeira é em relação ao **.data segment** e a outra em relação ao **.text segment**.

### 2.3.1 O .data segment

É nesta região da memória em que se encontram todos os buffers utilizados, contendo também localização do ficheiro de input e output, juntamente com as respectivas directorias. Como se pode ver pela figura 3:

```
3 # FICHEIROS:
4 # nome do ficheiro se tiver na directoria do programa
5 # caso contrario localizacao exacta:
6
7 file1: .asciiz "lena512color.rgb" #ficheiro input
8
9 # output file, directoria de destino
10 # sem directoria -> o destino e' mesma directoria do programa
11
12 file2: .asciiz "contornos4.GRAY" #ficheiro output
13
14 # BUFFERS:
15 bufferRGB: .space 786432 #buffer com formato RGB (informação extraída do input)
16 bufferGRAY: .space 262144 #buffer com formato GRAY
17 Bhorizontal: .space 262144 #buffer da imagem aplicada com o sobel horizontal
18 Bvertical: .space 262144 #buffer da imagem aplicada com o sobel vertical
19 imagem_final: .space 262144 #buffer que contém a imagem final
20
21 # SOBELS:
22 sobelH: .byte 1,0,-1,2,0,-2,1,0,-1 #sobel horizontal
23 sobelV: .byte 1,2,1,0,0,0,-1,-2,-1 #sobel vertical
24
```

Figura 3: .data segment

### 2.3.2 O .text segment

Neste segmento é onde se encontra a parte do código que irá resolver o problema de detectar os contornos da imagem. Para tal, o .text segment está dividido em vários **branches**.

O **branch** mais importante neste programa é sem dúvida o **main**,

```
27 main:
28 #      argumento da primeira funcao
29 la $a0,file1
30 jal READ_RGB_IMAGE
31 nop
32
33 #      argumentos da segunda funcao
34 la $a1,bufferGRAY
35 la $a0,bufferRGB
36 jal RGB_TO_GRAY
37 nop
38
39 #      argumentos da terceira funcao (1ª parte -> sobel horizontal)
40 la $a0,bufferGRAY
41 la $a1,Bhorizontal
42 la $a2,sobelH
43 jal convolution
44 nop
45
46 #      argumentos da terceira funcao (2ª parte -> sobel vertical)
47 la $a0,bufferGRAY
48 la $a1,Bvertical
49 la $a2,sobelV
50 jal convolution
51 nop
52
53 #      argumentos da quarta funcao (imagem final)
54 la $a0,Bhorizontal
55 la $a1,Bvertical
56 la $a2,imagem_final
57 jal contour
58 nop
59
60 #      argumentos da ultima funcao
61 la $a0,file2
62 la $a1,imagem_final
63 li $a2,262144          #comprimento do buffer
64 jal WRITE_TO_GRAY
65 nop
66
67 #      fim do programa
68 beq $zero,$zero,END
69 nop
70
```

Figura 4: Parte 'main' do .text segment

Este branch é o **branch central**, a partir deste tudo se controla, pois é este que efectua o chamamento de todas as outras funções que irão atingir, no fim, o objectivo desejado.

### 1ª Função:

O branch **READ\_RGB\_IMAGE**, recebe como argumento o ficheiro de input e transfere o conteúdo RGB para um buffer (**bufferRGB**) em memória.

```
4      #      nome do ficheiro se tiver na directoria do programa
5      #      caso contrario localizacao exacta:
6
7      file1: .asciiz "lena512color.rgb"      #ficheiro input
```

Figura 5: Ficheiro de input

### 2ª Função:

O branch **RGB\_TO\_GRAY**, recebe como argumentos dois buffers, um buffer que contém o **bufferRGB** e um buffer vazio (**bufferGRAY**), esta função efectua uma chamada de uma função auxiliar **CICLO** que irá percorrer um ciclo **while** que utilizando as instruções **lbu** (**load byte unsigned**), pois não é necessário a extensão de sinal, chama 3 bytes (ou seja um pixel em RGB) seguidos do **bufferRGB** que são aplicados na fórmula:

$$I = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

Esta fórmula serve para nos fornecer o valor em gray do pixel correspondente à posição do pixel da imagem em formato RGB. Usando a instrução **sb** (**store byte**) guarda-se o resultado da fórmula no **bufferGRAY**, em seguida basta incrementar os contadores e buffers para seguirem para o próximo pixel. Este ciclo é repetido **786432 + 3** (+3 bytes, ou seja, mas um pixel, para não terminar antes de completar o ultimo pixel). Quando terminar, executa **jr \$ra**, que volta para a função **RGB\_To\_GRAY** e a partir daí volta para a main pronta para passar para a proxima função. O resultado da imagem deverá ser algo como:



Figura 6: Lena depois de aplicado a função RGB\_TO\_GRAY



### 3ª Função:

A função **convolution**, é a única que é chamada duas vezes a partir do **main**, isto porque o exige visto que a imagem guardada no bufferGRAY tem e ser aplicada com sobel, vertical e horizontal. Esta função tem dois chamamentos de funções auxiliares, visto que a **MID** (a principal) percorre o interior da imagem à exceção da primeira e ultima linha e das margens. Esta função usando a instrução **lbu (load byte unassigned)** chama um pixel (por ordem de posição no bufferGRAY) e usando a formula:

$$B(i, j) = \sum_{p \in \{-1, 0, 1\}} \sum_{q \in \{-1, 0, 1\}} A(i + p, j + q) S_h(2 - p, 2 - q)$$

Figura 7: Formula fornecida pelo docente

é usada em conjunto com as matrizes (1ª chamada da função convolution utiliza a matriz sobel horizontal e na 2ª a matriz sobel vertical):

$$S_h = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad S_v = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Figura 8: matrizes Sobel vertical (Sv) e horizontal (Sh)

(Utilizando também um load byte mas desta vez apenas lb, porque é necessário haver extensão de sinal, valor negativo)

Permite então através de um ciclo **while** obter o valor do dito pixel aplicado com sobel e após ter sido utilizada a formula do somatório usar a seguinte formula:

$$B_h = \frac{1}{4} |S_h * A|$$
$$B_v = \frac{1}{4} |S_v * A|$$

Figura 9: Outra formula fornecida pelo docente

Usando a instrução **sb (store byte)** guarda o resultado num novo buffer (1ª chamada no main - bhorizontal, 2ª chamada no main - bvertical). Repetindo o ciclo **261632 -2** (-2 para conseguir fazer o ultimo pixel da penúltima linha e não terminar antes de o fazer).

Esta fórmula apresenta um problema visto que não está definida para as margens, por isso é que o ciclo tem -512 ao valor original de 262144, para não percorrer a ultima linha (ficando assim a preto por default), e o contador (começando no 1) do ciclo começa em 514 para meter por default a primeira linha mais o primeiro elemento da segunda linha a 0 e começando na posição seguinte (posição 514).

Por isso foi criada uma função auxiliar **MARGENS** com o propósito de as detectar. Esta função é chamada pela função **MID** quando o contador \$t0 cumpre uma restrição, esta restrição consiste em, o contador se for igual ao tamanho do valor da linha irá fazer com que avance 2 pixéis no contador e posições nos buffers para a frente:

```

228      MARGENS:
229      addi $a1,$a1,2          #avança 2 pixeis para a frente
230      addi $a0,$a0,2          #avança 2 pixeis para a frente
231      addi $t1,$t1,512        #proxima restrição para as margens -> +512 a restricao anterior
232      addi $t0,$t0,2          #incrementa contador
233      add $t4,$zero,$zero      #reset do contador t4
234      bne $t1,261632,MID       #volta para a função, caso seja diferente, caso seja igual volta para main
235      nop                     #e deixa a ultima linha (linha 512) a preto.
236
237      jr $ra                   #volta pa convolution
238      nop
239

```

Figura 10: Função **MARGENS**

Se o valor da restrição for igual ao valor da penúltima linha, a função volta para a função convolution e daí volta para a main. Em seguida será repetir esta função outra vez, para aplicar o sobel vertical à imagem.

**Nota:** visto que existe chamamento de função dentro de função é necessário guardar o valor do registo **\$ra** usando a pilha para se conseguir voltar para a função **main** e continuar o programa e não entrar num ciclo infinito.

O resultado deverá ser algo como:



Figura 11: Lena com o Sobel Horizontal aplicado

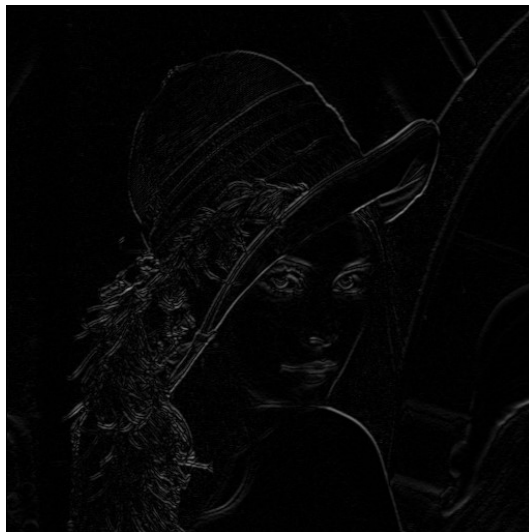


Figura 12: Lena com o Sobel Vertical aplicado

#### 4ª Função:

A função **contour** recebe como argumentos os dois buffers aplicados com os sobels vertical e horizontal (bhorizontal e bvertical), efectua uma chamada de uma função auxiliar **CICLO2** que através de um ciclo while fazendo a soma de cada ponto, aplicando a seguinte fórmula:

$$C = \frac{1}{2}(B_h + B_v).$$

Figura 13: Ainda outra formula fornecida pelo docente

E depois aplicando a seguinte formula para inverter as cores a cada ponto:

$$D(i, j) = 255 - C(i, j)$$

Figura 14: Ainda outra formula fornecida pelo docente

Através destas duas formulas guarda-se o resultado no buffer **imagem\_final**.

Para optimização de código escolheu aplicar-se directamente durante o ciclo while às duas formulas. Permitindo assim quando se efectua o chamamento dos pontos dos dois buffers (bhorizontal e bvertical) usando a instrução **lb** para que o ponto que entrasse no buffer **imagem\_final** fosse o ponto final sem necessidade de passos adicionais. Ao terminar executa o **jr \$ra** que volta para a função **contour** e daí volta para a função **main**.

#### 5ª Função:

O branch **WRITE\_TO\_GRAY**, tem o único propósito de escrever num ficheiro (output), que neste caso é transferir a informação contida no buffer **imagem\_final** para o ficheiro output. Ao terminar executa **jr \$ra** onde volta para **main** e termina o programa.

```
9      #      output file, directoria de destino
10     #      sem directoria -> o destino e' mesma directoria do programa
11
12     file2: .asciiz "contornos4.GRAY"      #ficheiro output
13
```

Figura 15: Ficheiro de Output

## 2.4 Conversão de formato .GRAY para formato .jpg (exemplo)

Usando a linha de comando na directoria da imagem final (5º Passo), **convert -size 512x512 -depth 8 imagem.gray imagem.jpg** é nos permitido converter a imagem para a seguinte:



Figura 16: Lena (Resultado final)

### 3 Curiosidades

O Programa executa 39 017 632 instruções, tendo em conta que o processador tem 2.13 Ghz, excuta o programa em 0.0183181371 segundos

A imagem presente no enunciado do trabalho não se parece com a demonstrada anteriormente, portanto após varios testes, descobriu-se que para ficar igual à imagem apreentada no enunciado tinha de haver uma modificação na formula:

$$C = \frac{1}{2}(B_h + B_v).$$

Esta modificação consiste apenas em multiplicar-se a formula acima por 2, a imagem, assim, seria:



Figura 17: Lena com a formula modificada aplicada

Que por si, é muito semelhante à do enunciado.

## 4 Conclusão

No final do programa podemos concluir que foi um sucesso, o programa faz o que tem a fazer sem erros ou bugs detectados. Conclui-se também que através deste trabalho ao aplicar todos os conhecimentos adquiridos em Arquitectura de Sistemas e Computadores contribuiu para um maior conhecimento e entendimento.

## 5 Bibliografia

### Bibliografia usada:

#### **Syscalls**

<http://courses.missouristate.edu/kenvollmar/mars/help/syscallhelp.html>

#### **ImageMagick**

<http://www.imagemagick.org/>

#### **obel Operator**

[http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel\\_operator](http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator)