

# Organización del Computador II

Departamento de Computación  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires

## Trabajo Práctico Final

Integrante	LU	Correo electrónico
Adrián Bonaccini	207/04	adrian.bonaccini@gmail.com
Sebastian Galimberti	763/04	galimba@gmail.com

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. WxCam</b>	<b>4</b>
2.1. El proyecto	4
2.2. Plataforma	4
2.3. Filtros	4
<b>3. Desarrollo</b>	<b>5</b>
3.1. General	5
3.1.1. Vertical Mirror	5
3.1.2. Negative	5
3.1.3. Stretch (zoom x2)	6
3.1.4. Edge (Sobel + colores)	7
3.1.5. Bona (distancia a un color)	7
3.1.6. Pixelate	8
3.1.7. Instagram	9
3.1.8. Monochrome	9
3.1.9. Channel	10
3.1.10. Median	10
<b>4. Resultados</b>	<b>12</b>
<b>5. Discusión</b>	<b>12</b>
5.1. Problemas encontrados	12
5.2. Performance de los filtros	12
5.3. Las condiciones de testing	13
<b>6. Referencias</b>	<b>14</b>
<b>7. Apéndice</b>	<b>15</b>
7.1. Código SSE	15
7.1.1. Vertical Mirror	15
7.1.2. Negative	16
7.1.3. Stretch	17
7.1.4. Edge	18
7.1.5. Bona	23
7.1.6. Pixelate	25
7.1.7. Instagram	27
7.1.8. Monochrome	29
7.1.9. Channel	30
7.1.10. Median	31

## 1. Introducción

Luego de instalar una webcam, siempre es bueno probar su funcionamiento. Para tal fin los diseñadores de Apple incluyen PhotoBooth en sus instalaciones de OSX. PhotoBooth permite aplicar una gran variedad de filtros y junto con su calidad de imagen hacen de este software una aplicación de entretenimiento

Generalmente, los usuarios de Microsoft cuentan con una opción clara a la hora de testear su webcam, dado que cada webcam viene con sus drivers y su software propietario para administrarla.

Sin embargo, los usuarios de sistemas operativos basados en Linux y BSD no cuentan con estas ventajas. Son pocas las empresas que diseñan webcams e incluyen drivers para Linux, aunque existen drivers genéricos (por ejemplo qc-usb y libv4l). A la hora de interactuar con la webcam, los usuarios Linux recurren a la comunidad en busca de un software acorde a sus necesidades. Si bien existen soluciones implementadas (Camorama, Cheese, WxCam, entre otras) a menudo no vienen incluidas por defecto en las distribuciones mas populares de Linux y aun así, los efectos de video disponibles son limitados y lentos.

La finalidad de este trabajo es desarrollar un conjunto de filtros para imágenes, aplicables al video de captura de una webcam. Para tal fin, consideramos las alternativas Open Source disponibles en la comunidad. De las aplicaciones disponibles, decidimos encarar este proyecto utilizando WxCam por su simplicidad y versatilidad.

## 2. WxCam

### 2.1. El proyecto

WxCam es una aplicación para Linux. El software interactúa con la webcam a través del driver v4l-1 o v4l-2, que es uno de los más utilizados. El proyecto está activo (el último release - v1.01 - fue hace unos pocos meses) y cuenta con dos main-developers y aproximadamente 15 contribuyentes. El programa soporta capturas de video, de imágenes y la aplicación de 10 filtros de imágenes, programados en C++ sin la utilización de librerías específicas, lo que los hace lentos para la aplicación en tiempo real.

El presente trabajo busca suplir esta falta reimplementando estos filtros mediante instrucciones SIMD en lenguaje ensamblador para la arquitectura amd64. Asimismo buscamos que el proyecto sea más atractivo al usuario final, por ende incluimos una serie de filtros avanzados que serán programados bajo la misma premisa de cuidado de la performance. Estos últimos son ideados con el fin de transformar la herramienta en un programa de entretenimiento capaz de crear imágenes y videos divertidos.

### 2.2. Plataforma

Los desarrolladores del proyecto optaron por programar utilizando NetBeans como IDE, lo cual nos fuerza a utilizar el mismo software para implementar las mejoras. Decidimos utilizar la arquitectura amd64 debido a su amplio uso actual en PCs. Para explotar el potencial, trabajamos sobre Linux (K)Ubuntu y Mac OSX utilizando las últimas versiones de SSE. Nuestro compilador assembler es NASM dada su mejor integración con NetBeans.

### 2.3. Filtros

WxCam tiene una implementación en C++ de varios filtros. Los algoritmos son simples y no están optimizados (con la excepción del parámetro -O2 que utiliza el IDE para compilar). Para realizar el presente trabajo evaluamos la lista de filtros del proyecto Gimp, también Open Source, y decidimos implementar los siguientes efectos visuales:

- 1 Vertical Mirror: cada pixel se transporta entero de acuerdo a la distancia axial al centro de la imagen,
- 2 Negative: calcula el color inverso para cada pixel,
- 3 Stretch: zoom X2,
- 4 Edge: calcula un Sobel con caracterización de colores,
- 5 Bona: filtro por distancia de colores específicos (ie. el rojo) y en caso de ser cercano se lo deja intacto,
- 5 Pixelate: distorsiona la imagen exagerando el pixelado,
- 6 Instagram: el efecto del filtro simula que la imagen fue tomada por una cámara antigua,
- 7 Monochrome: pasaje a blanco/negro,
- 8 Channel: filtrado por canales (R, G o B),
- 9 Median: reducción de ruido a través del cálculo de promedios en la vecindad,

### 3. Desarrollo

#### 3.1. General

##### 3.1.1. Vertical Mirror

Copia la primera parte de la imagen en la segunda parte, espejándola con respecto a la vertical. Cada pixel se transporta entero de acuerdo a la distancia que tiene a la línea central de la imagen. Para cada pixel  $p$  se evalúa lo siguiente:

$$Posicion(p') = ancho - Posicion(p)$$

##### Pseudo-Código

```
para cada fila de 0 a altura-1
  para cada pixel de 0 a ancho/2 sobre esta fila
    copiar el pixel de pos_P en: ancho - pos_P
```

##### Ejemplo



##### 3.1.2. Negative

Este filtro invierte los colores en cada pixel de la imagen. Para invertir un pixel se realiza la diferencia con 255 de cada canal.<sup>1</sup> Dado un pixel  $p$ :

$$\begin{aligned} \text{Neg}(R) &= 255 - R \\ \text{Neg}(G) &= 255 - G \\ \text{Neg}(B) &= 255 - B \end{aligned}$$

##### Pseudo-Código

```
para cada fila de 0 a altura-1
  para cada pixel de 0 a ancho sobre esta fila
    en la pos_P del pixel_P calcular: - pixel_P
```

<sup>1</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Inversion\\_\(imagen\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Inversion_(imagen))

## Ejemplo



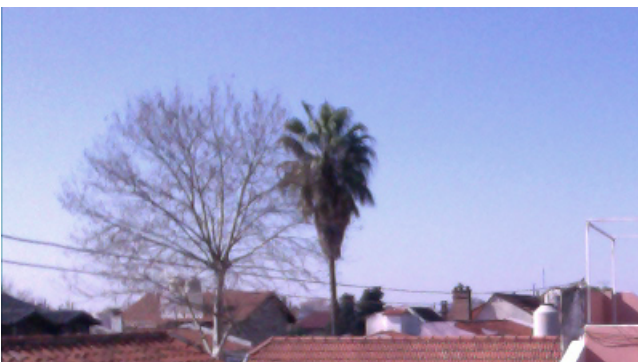
### 3.1.3. Stretch (zoom x2)

Transforma la imagen de forma tal que cada pixel  $p$  se copia 3 veces en las posiciones de sus vecinos a izquierda, abajo y diagonal, generando una imagen resultado que es equivalente a hacer zoom sobre el primer cuadrante de la imagen original.<sup>2</sup>

#### Pseudo-Código

```
para cada fila de 0 a altura/2
  para cada pixel de 0 a ancho/2 sobre esta fila
    en la pos_P del pixel_P copiar pixel_P
    copiar pixel_P a la derecha, abajo y diagonal
```

## Ejemplo



<sup>2</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Nearest-neighbor\\_interpolation](http://en.wikipedia.org/wiki/Nearest-neighbor_interpolation)

### 3.1.4. Edge (Sobel + colores)

Este filtro detecta los bordes utilizando el algoritmo Sobel. Se examina cada pixel de la imagen, para cada uno se multiplica el valor de este pixel y los valores de los 8 circundantes por el valor correspondiente de la matriz. El pixel del centro de la matriz regula su valor de acuerdo al valor resultante de la operación. La dificultad está puesta en aprovechar las bondades de las instrucciones SIMD y sus capacidades para trabajar en grandes lotes.<sup>3</sup>

La matriz de convolucion X es:

$$\begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

La matriz de convolucion Y es:

$$\begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

#### Pseudo-Código

```
se hace una pasada para calcular las derivadas parciales en X
se hace otra pasada para calcular las derivadas parciales en Y
se genera el gradiente de (X,Y) y se guarda en cada pixel
```

#### Ejemplo



### 3.1.5. Bona (distancia a un color)

El algoritmo genera un filtro y una conversión en la imagen. Son utilizados dos parámetros de entrada: color y tamaño de la ventana. Por cuestiones estéticas se decidió utilizar el rojo como color parámetro y la medida de la ventana se acomoda de acuerdo al nivel de apertura del obturador e ISO de la cámara. En muchas webcams estos parámetros son manejados por el driver mismo, quedando el threshold como único parámetro para obtener el efecto deseado.

Respecto de la lógica de la rutina, se mide la distancia geométrica de cada pixel al color parámetro y, en caso de ser cercano, se deja como se encontraba. En caso de tener una distancia mayor a la sugerida por el tamaño de ventana, se monocromatiza el pixel. El efecto deseado destaca en la imagen el color parámetro elegido.<sup>4</sup>

<sup>3</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel\\_operator](http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator)

<sup>4</sup><http://stackoverflow.com/questions/9018016/how-to-compare-two-colors>

### Pseudo-Código

para cada pixel  $p$  de la imagen:

    si la distancia de colores entre  $p$  y rojo es mayor a la ventana  
        se monocromatiza el pixel con el algoritmo  $(R+2G+B)/4$

### Ejemplo



### 3.1.6. Pixelate

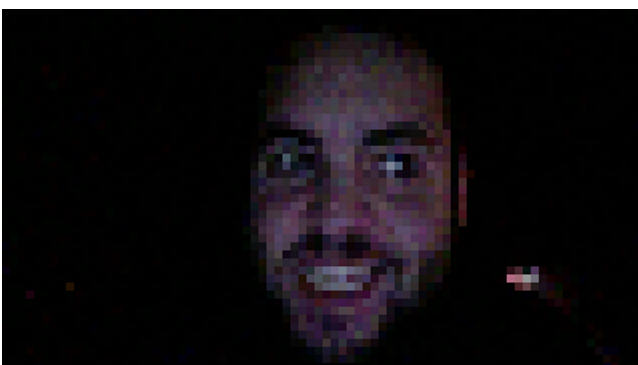
Como su nombre lo indica, el algoritmo pixela la imagen mediante la pérdida de información de la misma. Para ello, construye una matriz cuadrada de tamaño paramétrico y replica la información del pixel  $(0;0)$  en el resto de los píxeles de la matriz. La imagen resultante simula haber perdido calidad y se asemeja a la de los viejos personajes de los juegos de 8 bits. La complejidad del algoritmo está ubicada en hacerlo paramétrico al tamaño de la matriz y que, a pesar de que el tamaño sea variable, se siguieran utilizando las bondades del procesamiento en paralelo que proveen las instrucciones SIMD.<sup>5</sup>

### Pseudo-Código

para cada sub-matriz de  $n \times n$  pixels

    se toma el valor de  $(0,0)$  y se lo copia en el resto de las posiciones de la sub-matriz

### Ejemplo



---

<sup>5</sup><http://en.wikipedia.org/wiki/Pixelation>



### 3.1.7. Instagram

El efecto que propone el filtro es la simulación de que la imagen fue tomada por una cámara antigua. El objetivo es darle un aspecto tostado al video. Este mismo efecto fue popularizado por la red social Instagram y es la acumulación de otros efectos sobre la misma imagen. Para lograrlo se le baja el brillo, se le sube el contraste y se ruboriza la imagen. La ruborización de la imagen la resolvimos ubicando a los píxeles en dos grupos según su distancia al color negro ( $(0,0,0)$ ), los que más distancia tenían eran ruborizados con menos fuerza (10h) y los demás con 16h para obtener el efecto final tostado y que no se rompiera la continuidad con la diferencia de color.<sup>6</sup>

#### Pseudo-Código

Para cada píxel de la imagen:

```

    si dista del negro mas que la ventana
        se le suman 10h a la componente R
    si la distancia no es suficiente
        se le suman 16h a la componente R

```

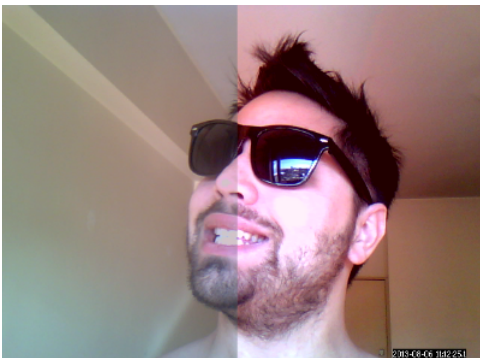
Luego, para cada píxel de la imagen:

```

    se reduce el brillo, restando 40 a todas las componentes R, G y B
    se aumenta el contraste un 25%

```

#### Ejemplo



### 3.1.8. Monochrome

Pasa la imagen a escala de grises.<sup>7</sup> Para monocromatizar cada píxel  $p$ , se considera la cuenta:

$$(R + 2G + B) * 1/4$$

#### Pseudo-Código

para cada píxel  $p$  en la imagen:

```

    el valor de R, G y B se pisa con el resultado de la cuenta:  $(R + 2G + B) * 1/4$ 

```

<sup>6</sup><http://net.tutsplus.com/tutorials/php/create-instagram-filters-with-php/>

<sup>7</sup><http://www.tannerhelland.com/3643/grayscale-image-algorithm-vb6/>

## Ejemplo



### 3.1.9. Channel

Este filtro considera un único canal (el R, G o B) y filtra los otros dos. La imagen resultante es monocromática roja-negro, verde-negro o azul-negro.

#### Pseudo-Código(Red)

```
para cada pixel p en la imagen:  
    el valor de G y B se pisa con 0
```

## Ejemplo



### 3.1.10. Median

Dado un pixel  $p$ , el filtro calcula el promedio de cada vecindad. Las vecindades son de 5x5 pixels y el efecto resultante produce una disminución del ruido en la imagen. Como efectos colaterales, se pierde un poco de brillo y detalle en la imagen.<sup>8</sup>

#### Pseudo-Código

```
para cada fila entre 2 y altura - 2:  
    para cada columna entre 2 y ancho - 2:  
        para cada pixel p:  
            se calcula el promedio R, G y B de todos los 8 vecinos  
            se pisa p con el promedio R, G y B de la vecindad
```

---

<sup>8</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Median\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter)

**Ejemplo**



## 4. Resultados

Los filtros se testearon tanto en Linux como en OSX, utilizando webcams de definición  $640 \times 480$  tanto como HD-720. Las webcams tienen una limitación promedio de 20 FPS. La comparación se realiza sin parámetros de optimización y con `-O3`. Para analizar la velocidad y medir los tiempos de respuesta de las diferentes implementaciones no alcanza con mirar los FPS, así que decidimos utilizar el TSC. Para tal fin generamos la siguiente rutina que es llamada antes de cada algoritmo:

```
static __inline__ unsigned long rdtsc(void)
{
    //unsigned long long int x;
    unsigned a, d;

    __asm__ volatile("rdtsc" : "=a" (a), "=d" (d));

    return (((unsigned long)a) | (unsigned long)d >> 32);
}
```

En la siguiente tabla se ven las diferencias (medidas en cantidad de ciclos promedio) entre los algoritmos implementados en C++ y assembler (con y sin optimizaciones de compilador). Para calcular el promedio de ciclos por aplicación del algoritmo se ejecuta el programa, se activa el filtro y se mide durante 30 segundos la diferencia de RDTSC entre el inicio y final de cada llamada al filtro. Luego se promedian todos los datos.

Filtro	gcc	gcc -O3	SSE
Monochrome	4244864	3463785	4244864
Negative	16895274	755973	866218
Sobel	225153350	22634335	15596374
Median	3414938448	1786994543	13632900

*Los datos están expresados en cantidad de tics del CPU de acuerdo al TSC*

## 5. Discusión

### 5.1. Problemas encontrados

- A lo largo del proceso de selección de los filtros consideramos como prioritario aportar a la comunidad Open Source una aplicación con las herramientas necesarias para que sea entretenida y útil. Dicho esto, descartamos algoritmos que cubrieran el mismo efecto (ie. para reconocimiento de bordes utilizamos Sobel, descartando Laplacian y Canny).
- Nuestra intención fue implementar (en assembler SIMD) filtros similares a los de la aplicación PhotoBooth de OSX. Algunos de estos filtros fueron descartados por la naturaleza de los algoritmos. Un caso no abordado fue el efecto conocido como Swirl, que utiliza cambio de coordenadas para los píxeles, lo que imposibilita el aprovechamiento de las instrucciones SIMD en el algoritmo.
- Luego de programar los algoritmos Pixelar y Median nos percatamos que, aunque el filtro estaba siendo bien aplicado, el efecto logrado no tenía la intensidad deseada: El pixelado era muy pequeño y la reducción de ruido era muy pobre. Decidimos ampliar el algoritmo para recibir un parámetro más, que contemple el tamaño de la ventana de píxeles y la cantidad de aplicaciones de promedio para reducción de ruido.

### 5.2. Performance de los filtros

Luego de analizar los resultados, podemos afirmar que la performance de cada uno de los filtros que optimizamos ha mejorado considerablemente con respecto a la compilación sin parámetros de optimización. Con respecto a la compilación optimizada (con el parámetro `-O3`), los algoritmos simples (monocromatizar, negativo) parecen mejorar considerablemente (con una ganancia de 15 por ciento de velocidad con respecto a nuestra implementación SSE). En la práctica, vemos que el rendimiento de los filtros implementados con SSE es el deseado, sin pérdida considerable de FPS en la aplicación (incluso considerando la superposición de filtros). Con respecto a los filtros programados en C++, se nos presentó el problema de que algunos algoritmos son tan lentos que, incluso con optimizaciones `-O3` no llegan a ser utilizables (Median, Sharpen). Esto se debe a la naturaleza del algoritmo.

### 5.3. Las condiciones de testing

Dado que nuestros equipos a lo sumo pueden capturar imágenes de 720p a 20 frames por segundo, queda abierta la posibilidad de que estos algoritmos escalen a una performance diferente cuando estemos utilizando imágenes full HD (de 1080p a 50 frames por segundo). A futuro y con fines académicos, sería interesante explorar ésta posibilidad para utilizar webcams que cuenten con mejor calidad de imagen y analizar nuevamente el comportamiento de estas optimizaciones.

## 6. Referencias

- 1 <http://docs.gimp.org/en/filters.html>
- 2 <http://git.gnome.org/browse/gimp/tree/plug-ins/common>
- 3 [http://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_scaling](http://en.wikipedia.org/wiki/Image_scaling)
- 4 <http://www.steves-digicams.com/knowledge-center/brightness-contrast-saturation-and-sharpness.html>
- 5 <http://www.dfstudios.co.uk/articles/image-processing-algorithms-part-5/>
- 6 <http://www.johndcook.com/blog/2009/08/24/algorithms-convert-color-grayscale/>
- 7 <http://www.codeproject.com/Articles/3419/Image-Processing-for-Dummies-with-C-and-GDI-Part-5>
- 8 <http://www.jhllabs.com/ip/filters/index.html>
- 9 <http://stackoverflow.com/questions/11165564/edge-detectors-for-rgb-images>
- 10 <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-interpolation.htm>
- 11 <http://net.tutsplus.com/tutorials/php/create-instagram-filters-with-php/>
- 12 <http://softpixel.com/~cwright/programming/simd/sse.php>
- 13 <http://en.wikipedia.org/wiki/Streaming SIMD Extensions>
- 14 [http://support.amd.com/us/Processor\\_TechDocs/43479.pdf](http://support.amd.com/us/Processor_TechDocs/43479.pdf)
- 15 <http://www.programming-techniques.com/2013/02/median-filter-using-c-and-opencv-image.html>
- 16 [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_difference](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_difference)
- 17 <http://stackoverflow.com/questions/9018016/how-to-compare-two-colors>
- 18 <http://stackoverflow.com/questions/225548/resources-for-image-distortion-algorithms>
- 19 [http://docs.opencv.org/doc/tutorials/core/basic\\_linear\\_transform/basic\\_linear\\_transform.html](http://docs.opencv.org/doc/tutorials/core/basic_linear_transform/basic_linear_transform.html)
- 20 [http://es.wikipedia.org/wiki/Inversion\\_\(imagen\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Inversion_(imagen))
- 21 [http://en.wikipedia.org/wiki/Median\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter)
- 22 <http://www.tannerhelland.com/3643/grayscale-image-algorithm-vb6/>

## 7. Apéndice

### 7.1. Código SSE

#### 7.1.1. Vertical Mirror

```

global verticalMirror_asm ;verticalMirror_asm(unsigned char* frame, int size, int width, height);
section .data

shuffle: dd 0x0E0D0C0F, 0x060B0A09, 0x04030807, 0x02010005

section .text

verticalMirror_asm:
    ; los parametros son pasados asi:
    ; rdi= char* frame
    ; rsi= int size
    ;     rdx= int width
    ;     rcx= int height !!!
    ;
push rbp ;     reservo
mov rbp, rsp ;     la
push rbx ;     pila
push r12 ;     y
push r13 ;     guardo
push r14 ;     registros
push r15 ;     (...)

;;;;;;;;;;; Aca comienza la funcion ;;;;;;;;;;
mov r12, rdx
sar r12, 1 ; r12 = ancho/2
;lea r15, [rdi + rsi - 1] ; r15 = (img+size) para controlar el final
lea r15, [rdi + rsi]; r15 = (img+size) para controlar el final
xor rbx, rbx

.ciclo_largo:

.ciclo_corto:
    pxor xmm1, xmm1
    lea r14, [rdi + rbx] ; cargo la dir. de memoria que quiero levantar
    movdqu xmm1, [r14] ; xmm1 = aR|aG|aB|bR|...|eB|fR = (5 pixels abcde + 1 byte de f)
    ;lea r13, [r14 + r12] ;cargo el destino
    lea r13, [rdi+rdx] ; r13 = primer byte de la siguiente linea
    sub r13, rbx ; r13 = lugar donde termina el cacho de imagen a mover
    sub r13, 16 ; r13 = destino a mover la imagen
    ; ahora tengo que dar vuelta los pixels
    ; uso la mascara
    ; NOTA: acomodar para usar 15 bytes, por el orden inverso de pixels
    movdqu xmm2, [shuffle]
    pshufb xmm1, xmm2

    ; devuelvo a memoria la imagen espejada
    movdqu [r13], xmm1 ; guardo los datos
    add rbx, 15 ; aumento el contador
    cmp rbx, r12 ; comparo si llegue a media pantalla levantando
    jne .ciclo_corto

    add rdi, rdx ; paso a la siguiente fila

```

```
        xor rbx, rbx    ; limpio el contador
        cmp rdi, r15    ; comparo si llegue al final de la imagen
        jl .ciclo_largo
```

```
pop r15 ;   restauro
pop r14 ;    los
pop r13 ;   registros
pop r12 ;    por
pop rbx ; convencion C
pop rbp ;
```

```
ret
```

### 7.1.2. Negative

```
global negative_asm ;negative_asm(unsigned char* frame, int size);
section .data
```

```
allF: db 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF
```

```
section .text
```

```
negative_asm:
```

```
        ; los parametros son pasados asi:
        ; rdi= char* frame
        ; rsi= int size
        ;
```

```
push rbp ;   reservo
mov rbp,rsq ;   la
push rbx ;   pila
push r12 ;    y
push r13 ;   guardo
push r14 ;   registros
push r15 ;   (...)
```

```
;;;;;;;;;; Aca comienza la funcion ;;;;;;;;;;
```

```
xor rcx, rcx ; limpio el reg ;;;;;;;;;;;;;; CREO Q NO HACE FALTA
```

```
mov rcx, rsi ; rcx <- size
```

```
sar rcx, 4    ; dividimos xq procesamos de a 16 bytes/canales
```

```
.ciclo:
```

```
        ; cargo los pixels en el registro
```

```
        movdqu xmm1, [rdi] ; xmm1 = aR|aG|aB|bR|...|eB|fR = (5 pixels abcde + 1 byte de f)
```

```
        movdqu xmm2, [allF]
```

```
        psubsb xmm2, xmm1 ; calculo el negativo complemento a dos
```

```
        movdqu [rdi], xmm2 ; lo devuelvo al buffer
```

```
        add rdi, 16 ; avanzo el puntero
```

```
loop .ciclo
```

```
pop r15 ;   restauro
pop r14 ;    los
pop r13 ;   registros
pop r12 ;    por
pop rbx ; convencion C
pop rbp ;
```

```
ret
```



### 7.1.3. Stretch

```
;stretch_asm(unsigned char* frame, unsigned char* dst, int height, int width, int size);
global stretch_asm
```

```
section .rodata
```

```
ALIGN 16
```

```
lastOff:      dd 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0x00FFFFFF
```

```
sinMedio: db 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF,
```

```
soloMedio: db 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
```

```
shuffle_1:   dd 0x00020100, 0x04030201, 0x05040305, 0xFFFFFFFF
```

```
section .text
```

```
stretch_asm:
```

```
    ; los parametros son pasados asi:
```

```
    ; rdi= char* src
```

```
    ; rsi= char* dst
```

```
    ;     rdx= int height
```

```
    ;     rcx= int width en pixels
```

```
    ;     r8 = int size
```

```
push rbp ;     reservo
```

```
mov rbp, rsp ;     la
```

```
push rbx ;     pila
```

```
push r12 ;     y
```

```
push r13 ;     guardo
```

```
push r14 ;     registros
```

```
push r15 ;     (...)
```

```
;;;;;;;;;; Aca comienza la funcion ;;;;;;;;;;
```

```
    mov r8, rdi     ; r8 = frame
```

```
    mov r9, rsi     ; r9 = dest
```

```
    mov r14, rcx    ; voy a calcular el ancho de src en bytes
```

```
    add r14, rcx
```

```
    add r14, rcx    ; r14 = 3 * rcx
```

```
    mov rcx, r14    ; rcx = width en bytes
```

```
    sar r14, 1      ; r14 = ancho inicial de src en bytes
```

```
    mov r11, r14
```

```
    mov r10, rdx    ; r10 = alto de src en lineas
```

```
    sar r10, 1
```

```
    movdqa xmm0, [shuffle_1]
```

```
cicloLasFilas:
```

```
    sub r10, 1      ; correccion de emi, tengo que estirar copiando dos lineas
```

```
    cicloLasColumnas:
```

```
    sub r11, 6      ; r11= cantidad de bytes restantes en la fila actual
```

```
    mov r12, r8     ; puntero a la linea actual en src
```

```
    mov r13, r9     ; puntero a la linea actual en dst
```

```
    ;;;;
```

```
    movdqu xmm1, [r12]
```

```
    pshufb xmm1, xmm0
```

```
    movdqu [r13], xmm1
```

```
    movdqu [r13 + rcx], xmm1
```

```
    ;;;;
```

```
    add r8, 6
```

```
    add r9, 12
```

```
    cmp r11, 0
```

```

    jg cicloLasColumnas
    ;
    add r8, r14; media fila en src
    add r9, rcx

    mov r11, r14    ; restauro el contador de columnas
    cmp r10, 0     ; si todavia me faltan filas por recorrer
    jg cicloLasFilas

.end:

pop r15 ;   restauro
pop r14 ;   los
pop r13 ;   registros
pop r12 ;   por
pop rbx ;   convencion C
pop rbp ;

ret

```

#### 7.1.4. Edge

```

;void edge_asm(unsigned char* src, unsigned char* dst, int height, int width);

#include "src/globales.mac";

global edge_asm
section .text

section .rodata
    unos:      dd 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF
    ceros:     dd 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000
    mask_255:  dd 0x00FF00FF, 0x00FF00FF, 0x00FF00FF, 0x00FF00FF

;Parameters
;rdi = char* source
;rsi = char* destiny
;rdx = int height
;rcx = int width
edge_asm:
    begin_convencion_C
    ;;;;;;;;;; Aca comienza la funcion ;;;;;;;;;;
    inicializo_variables:
    mov r8, rdi      ; r8 = fuente
    mov r9, rsi      ; r9 = destino
    mov r10, rdx     ; r10 = alto
    mov r11, rcx     ; r11 = ancho en px
    add r11, rcx     ; http://goo.gl/XSAlJ
    add r11, rcx     ; r11 = ancho en bytes
    mov rcx, r10     ; ecx = contador de filas / alto

    ciclo_filas:
    mov rdx, r11     ; edx = contador de columnas / ancho
    ciclo_columnas:
    cmp rcx, r10
    jne sigue_1
    jmp pintar_negro ; si estoy en la primera fila

```

```

sigue_1:
mov rax, r11
sub rax, 3
cmp rdx, rax
jle sigue_2
jmp pintar_negro      ; si estoy en la primera columna
sigue_2:
cmp rcx, 1
jne sigue_3
jmp pintar_negro      ; si estoy en la última fila
sigue_3:
cmp rdx, 1
jne simd_sobel_X
jmp pintar_negro      ; si estoy en la última columna
simd_sobel_X:
cmp rdx, 10           ; si tengo aún 10 bytes por levantar
jg continuar_2
jmp pintar_negro
continuar_2:
pxor XMM0, XMM0       ; limpio XMM0
pxor XMM5, XMM5       ; resultados parciales parte ALTA
pxor XMM6, XMM6       ; resultados parciales parte BAJA
movdqu XMM7, [ceros]
; 1ra FILA
sub r8, r11           ; subo el puntero una fila (lectura horizontal)
movdqu XMM1, [r8-3]   ; leo desde el pixel anterior
movdqu XMM2, [r8+3]   ; leo desde el pixel siguiente
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpckhbw XMM3, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
punpckhbw XMM4, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM2
psubsw XMM5, XMM3     ; XMM5 parte alta (-1)
paddsw XMM5, XMM4     ; XMM5 parte alta (+1)
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpcklbw XMM3, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
punpcklbw XMM4, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM2
psubsw XMM6, XMM3     ; XMM6 parte baja (-1)
paddsw XMM6, XMM4     ; XMM6 parte baja (+1)
add r8, r11           ; vuelvo el puntero a su posición
; 2da FILA
movdqu XMM1, [r8-3]   ; leo desde el pixel anterior
movdqu XMM2, [r8+3]   ; leo desde el pixel siguiente
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpckhbw XMM3, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
punpckhbw XMM4, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM2
psubsw XMM5, XMM3
psubsw XMM5, XMM3
paddsw XMM5, XMM4
paddsw XMM5, XMM4
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpcklbw XMM3, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
punpcklbw XMM4, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM2
psubsw XMM6, XMM3
psubsw XMM6, XMM3
paddsw XMM6, XMM4

```

```

paddsw XMM6, XMM4
; 3ra FILA
add r8, r11 ; bajo el puntero una fila (lectura horizontal)
movdqu XMM1, [r8-3] ; leo desde el pixel anterior
movdqu XMM2, [r8+3] ; leo desde el pixel siguiente
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpckhbw XMM3, XMM7
punpckhbw XMM4, XMM7
psubsw XMM5, XMM3
paddsw XMM5, XMM4
movdqu XMM3, XMM1
movdqu XMM4, XMM2
punpcklbw XMM3, XMM7
punpcklbw XMM4, XMM7
psubsw XMM6, XMM3
paddsw XMM6, XMM4
sub r8, r11 ; vuelvo el puntero a su posición
simd_absoluto_X:
pxor XMM3, XMM3 ; limpio el registro
pcmpgtw XMM3, XMM5 ; los negativos de XMM5
movdqu XMM4, [unos] ; mascara de UNOS
pxor XMM4, XMM3 ; los positivos de XMM5
pand XMM3, XMM5 ; los negativos de XMM5
pand XMM4, XMM5 ; los positivos de XMM5
pxor XMM5, XMM5 ; limpio el registro
psubsw XMM5, XMM3 ; obtengo el absoluto de cada byte
por XMM5, XMM4 ; joinneo los resultados
pxor XMM3, XMM3 ; limpio el registro
pcmpgtw XMM3, XMM6 ; los negativos de XMM6
movdqu XMM4, [unos] ; mascara de UNOS
pxor XMM4, XMM3 ; los positivos de XMM6
pand XMM3, XMM6 ; los negativos de XMM6
pand XMM4, XMM6 ; los positivos de XMM6
pxor XMM6, XMM6 ; limpio el registro
psubsw XMM6, XMM3 ; obtengo el absoluto de cada byte
por XMM6, XMM4 ; joinneo los resultados
simd_saturar_X:
movdqu XMM4, [mask_255]
movdqu XMM3, XMM5
pcmpgtw XMM3, XMM4 ; mask words mayores a 255
movdqu XMM4, [unos]
pxor XMM4, XMM3 ; mask words menores a 255
pand XMM4, XMM5 ; words de XMM5 menores a 255
movdqu XMM7, [mask_255]
pand XMM3, XMM7
por XMM4, XMM3
movdqu XMM5, XMM4
movdqu XMM4, [mask_255]
movdqu XMM3, XMM6
pcmpgtw XMM3, XMM4 ; mask words mayores a 255
movdqu XMM4, [unos]
pxor XMM4, XMM3 ; mask words menores a 255
pand XMM4, XMM6 ; words de XMM6 menores a 255
movdqu XMM7, [mask_255]
pand XMM3, XMM7
por XMM4, XMM3
movdqu XMM6, XMM4

```

```

simd_empaquetar_X:
packuswb XMM6, XMM5
movdqu XMM0, XMM6      ; dejo en XMM0 el resultado
simd_sobel_Y:
pxor XMM1, XMM1
pxor XMM5, XMM5      ; resultados parciales parte ALTA
pxor XMM6, XMM6      ; resultados parciales parte BAJA
movdqu XMM7, [ceros]
; 1ra FILA
sub r8, r11           ; subo el puntero una fila
movdqu XMM1, [r8-3]   ; leo desde el pixel anterior
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
psubsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (-1)
movdqu XMM1, [r8-3]   ; repito la misma lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
psubsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (-1)
movdqu XMM1, [r8+0]   ; leo desde el pixel actual
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
psubsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (-2)
psubsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (-2)
movdqu XMM1, [r8+0]   ; repito la misma lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
psubsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (-2)
psubsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (-2)
movdqu XMM1, [r8+3]   ; leo desde el pixel siguiente
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
psubsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (-1)
movdqu XMM1, [r8+3]   ; repito la lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
psubsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (-1)
add r8, r11          ; vuelvo el puntero a su posición
; 3ra FILA
add r8, r11          ; avanzo el puntero una fila
movdqu XMM1, [r8-3]   ; leo desde el pixel anterior
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
paddsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (+1)
movdqu XMM1, [r8-3]   ; repito la lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
paddsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (+1)
movdqu XMM1, [r8+0]   ; leo desde el pixel actual
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
paddsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (+2)
paddsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (+2)
movdqu XMM1, [r8+0]   ; repito la lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
paddsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (+2)
paddsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (+2)
movdqu XMM1, [r8+3]   ; leo desde el pixel siguiente
punpckhbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte ALTA de XMM1
paddsw XMM5, XMM1     ; XMM5 parte alta (+1)
movdqu XMM1, [r8+3]   ; repito la lectura
punpcklbw XMM1, XMM7  ; desempaqueto parte BAJA de XMM1
paddsw XMM6, XMM1     ; XMM6 parte baja (+1)
sub r8, r11          ; vuelvo el puntero a su posición
simd_absoluto_Y:
pxor XMM3, XMM3      ; limpio el registro
pcmpgtw XMM3, XMM5   ; los negativos de XMM5
movdqu XMM4, [unos] ; mascara de UNOS

```

```

pxor XMM4, XMM3      ; los positivos de XMM5
pand XMM3, XMM5      ; los negativos de XMM5
pand XMM4, XMM5      ; los positivos de XMM5
pxor XMM5, XMM5      ; limpio el registro
psubsw XMM5, XMM3    ; obtengo el absoluto de cada byte
por XMM5, XMM4       ; joinneo los resultados
pxor XMM3, XMM3      ; limpio el registro
pcmpgtw XMM3, XMM6   ; los negativos de XMM6
movdqu XMM4, [unos]  ; mascara de UNOS
pxor XMM4, XMM3      ; los positivos de XMM6
pand XMM3, XMM6      ; los negativos de XMM6
pand XMM4, XMM6      ; los positivos de XMM6
pxor XMM6, XMM6      ; limpio el registro
psubsw XMM6, XMM3    ; obtengo el absoluto de cada byte
por XMM6, XMM4       ; joinneo los resultados
simd_saturar_Y:
movdqu XMM4, [mask_255]
movdqu XMM3, XMM5
pcmpgtw XMM3, XMM4   ; mask words mayores a 255
movdqu XMM4, [unos]
pxor XMM4, XMM3      ; mask words menores a 255
pand XMM4, XMM5      ; words de XMM5 menores a 255
movdqu XMM7, [mask_255]
pand XMM3, XMM7
por XMM4, XMM3
movdqu XMM5, XMM4
movdqu XMM4, [mask_255]
movdqu XMM3, XMM6
pcmpgtw XMM3, XMM4   ; mask words mayores a 255
movdqu XMM4, [unos]
pxor XMM4, XMM3      ; mask words menores a 255
pand XMM4, XMM6      ; words de XMM6 menores a 255
movdqu XMM7, [mask_255]
pand XMM3, XMM7
por XMM4, XMM3
movdqu XMM6, XMM4
simd_empaquetar_Y:
packuswb XMM6, XMM5
movdqu XMM1, XMM6    ; dejo en XMM1 el resultado
simd_sobel_XY:
;XMM0 tiene la info de X
;XMM1 tiene la info de Y
movdqu XMM2, [ceros]
movdqu XMM3, [ceros]
movdqu XMM2, [unos]
movdqu XMM3, [unos]
pand XMM0, XMM2
pand XMM1, XMM3
paddusb XMM0, XMM1
simd_ciclo:
movdqu [r9], XMM0
add r8, 10
add r9, 10
sub rdx, 10          ; decremento el índice de columnas
cmp rdx, 0           ; si no hay mas columnas, cambio de fila
je siguiente_fila
jmp ciclo_columnas
pre_loop:

```

```

    jmp ciclo_filas
pintar_negro:
xor rax, rax          ; pinto de negro o ceros
seguir_ciclo:
; pinto 1 pixel
mov byte [r9], al
; sincronizo punteros
add r8, 1
add r9, 1
; decremento contador columnas
sub rdx, 1
cmp rdx, 0
je siguiente_fila
jmp ciclo_columnas
siguiente_fila:
; decremento RCX contador de filas (loop lo hace)
loop pre_loop
fin:
;;;;;;;;;; ACA termina la funcion ;;;;;;;;;;
end_convencion_C

```

```
ret
```

#### 7.1.5. Bona

```

;void bona_asm(unsigned char* src, int size, int threshold);
#include "src/globales.mac";

```

```
global bona_asm
```

```

section .rodata
first_on:  dd 0x00FFFFFF, 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000
first_off: dd 0xFF000000, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

color:     dd 0xFF0000FF, 0x00FF0000, 0x0000FF00, 0xFF0000FF
nocolor:   dd 0x00FFFF00, 0xFF00FFFF, 0xFFFF00FF, 0x00FFFF00

unpack:    dd 0xFF01FF00, 0xFF03FF02, 0xFF05FF04, 0xFF07FF06
mul_low:   dd 0xFFFF0100, 0xFFFF0302, 0xFFFF0504, 0xFFFFFFFF
mul_high:  dd 0x0100FFFF, 0x0302FFFF, 0x0504FFFF, 0xFFFFFFFF

encuatro: dd 0xFFFF0100, 0xFFFF0100, 0xFFFF0100, 0xFFFF0100
correte:  dd 0x07060504, 0x0B0A0908, 0x0F0E0D0C, 0xFFFFFFFF
replic:   dd 0xFF000000, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

firstdw:  dd 0x03020100, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

```

```

;Parameters
;rdi = char* source
;rsi = int size
;rdx = int threshold
bona_asm:

```

```

    begin_convencion_C
    initialize:
    mov rcx, rsi      ; contador de bytes
    mov rax, 3        ; bytes que proceso (1 pixel)

```

```

byte_cycle:
movdqu xmm0, [rdi]
;XMM0 -> la papa
movdqu xmm14, xmm0
movdqu xmm15, [color]
psubb xmm15, xmm14
movdqu xmm13, [color]
pand xmm15, xmm13
movdqu xmm13, [nocolor]
pand xmm14, xmm13
por xmm15, xmm14
;XMM15 -> la papa menos la máscara
movdqu xmm14, xmm15
movdqu xmm13, [unpack]
pshufb xmm14, xmm13
;XMM14 -> XMM15 spliteado en words
movdqu xmm13, xmm14
pmullw xmm13, xmm13
movdqu xmm12, [mul_low]
pshufb xmm13, xmm12
;XMM13 -> XMM14^2 parte baja
movdqu xmm12, xmm14
pmulhw xmm12, xmm12
movdqu xmm11, [mul_high]
pshufb xmm12, xmm11
;XMM12 -> XMM14^2 parte alta
por xmm13, xmm12
movdqu xmm14, xmm13
;XMM14 -> (255-R)^2, (0-G)^2, (0-B)^2, 0x0
movdqu xmm11, [correte]
pshufb xmm13, xmm11
padd xmm14, xmm13
pshufb xmm13, xmm11
padd xmm14, xmm13
movdqu xmm11, [firstdw]
pshufb xmm14, xmm11
;XMM14 -> (255-R)^2 + (0-G)^2 + (0-B)^2
movq r12, xmm14
cmp r12, rdx
jle donothing

```

monocromatizar:

```

movdqu xmm15, xmm0
movdqu xmm14, [unpack]
pshufb xmm15, xmm14
movdqu xmm14, xmm15
psrldq xmm14, 2
paddw xmm15, xmm14
psrldq xmm14, 2
paddw xmm15, xmm14
paddw xmm15, xmm14
psrlw xmm15, 2
movdqu xmm14, [replic]
pshufb xmm15, xmm14
movdqu xmm1, xmm15
jmp continue_cycle
donothing:
movdqu xmm1, xmm0
continue_cycle:

```



```

    movdqu xmm8, [first_off]
    pand xmm0, xmm8
    por xmm0, xmm1
    ;XMM0 -> tiene la mezcla
    movdqu [rdi], xmm0      ; bajo 16 bytes a memoria
    add rdi, rax            ; sincronizo el puntero
    sub rcx, rax           ; decremento el contador
    cmp rcx, rax           ; me quedan bytes?
    jl end
    jmp byte_cycle
end:
end_convencion_C
ret

```

### 7.1.6. Pixelate

```
;void pixelate_asm(unsigned char* src, unsigned char* dst, int height, int width);
```

```
%include "src/globales.mac";
```

```
global pixelate_asm
section .text
```

```
section .rodata
```

```
bring_last_3: dd 0xFF0F0E0D, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF
first_3_off:   dd 0x03FFFFFF, 0x07060504, 0x0B0A0908, 0x0F0E0D0C
```

```
shuffle_xmm:
```

```

    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x0C0E0D0C ;grade 4 / 1
    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x080A0908, 0x09080A09 ;grade 4 / 2
    dd 0x00020100, 0x04060504, 0x05040605, 0x06050406 ;grade 4 / 3

    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x00020100 ;grade 8 / 1
    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x080A0908, 0x09080A09 ;grade 8 / 2
    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x00020100 ;grade 8 / 3

    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x00020100 ;grade 16 / 1
    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x00020100 ;grade 16 / 2
    dd 0x00020100, 0x01000201, 0x02010002, 0x00020100 ;grade 16 / 3

```

```
;Parameters
```

```
;rdi = char* source
```

```
;rsi = int grade
```

```
;rdx = int height
```

```
;rcx = int width
```

```
pixelate_asm:
```

```
begin_convencion_C
```

```
initialize:
```

```

push rdi      ; preservó los registros con variables
push rsi      ; preservó los registros con variables
push rdx      ; preservó los registros con variables
push rcx      ; preservó los registros con variables
mov r8, rdi    ; r8 = fuente
mov r9, rsi    ; r9 = grade
mov r10, rdx   ; r10 = alto
mov r11, rcx   ; r11 = ancho en px
add r11, rcx   ; http://goo.gl/XSA1J

```

```

add r11, rcx          ; r11 = ancho en bytes
cmp r9, 0
je grade_4
cmp r9, 1
je grade_8
cmp r9, 2
je grade_16
grade_4:
    mov r9, 4
    mov r12, 0
    jmp ugly_shit
grade_8:
    mov r9, 8
    mov r12, 48
    jmp ugly_shit
grade_16:
    mov r9, 16
    mov r12, 96
    jmp ugly_shit
ugly_shit:
mov rcx, r10          ; rcx es contador de alto
rows_cycle:
    mov rdx, r11      ; edx = contador de ancho
    columns_cycle:
        movdqu xmm1, [r8+00]
        movdqu xmm2, [r8+16]
        movdqu xmm3, [r8+32]
        movdqu xmm4, [shuffle_xmm + r12 + 00]
        pshufb xmm1, xmm4
        movdqu [r8+00], xmm1
        ;copiar bytes 14, 15 y 16 de xmm1 a xmm2
        movdqu xmm4, [bring_last_3]
        pshufb xmm1, xmm4
        movdqu xmm5, [first_3_off]
        pshufb xmm2, xmm5
        pxor xmm2, xmm1
        movdqu xmm5, [shuffle_xmm + r12 + 16]
        pshufb xmm2, xmm5
        movdqu [r8+16], xmm2
        ;copiar bytes 14, 15 y 16 de xmm2 a xmm3
        movdqu xmm5, [bring_last_3]
        pshufb xmm2, xmm5
        movdqu xmm6, [first_3_off]
        pshufb xmm3, xmm6
        pxor xmm3, xmm2
        movdqu xmm6, [shuffle_xmm + r12 + 32]
        pshufb xmm3, xmm6
        movdqu [r8+32], xmm3
    add r8, 48          ; incremento puntero al buffer
    sub rdx, 48        ; decremento el índice de columnas
    cmp rdx, 0         ; si no hay mas columnas, cambio de fila
    jne columns_cycle
;_;memcpy_begin;_
push rsi              ;parámetro de movsq
push rdi              ;parámetro de movsq
push rcx              ;parámetro de rep
mov rsi, r8           ;mov rsi, source + ancho
sub rsi, r11          ;acomodo el source

```

```

    mov rdi, r8          ;mov edi, dest
    mov r13, r9         ;r13 es el contador
    ciclo_memcpy:
        mov rcx, r11     ;actualizo el contador
        shr rcx, 3       ;divido por 8 (trabajo con words)
        rep movsq
    dec r13
    cmp r13, 1
    jne ciclo_memcpy
fin_memcpy:
    mov r8, rdi         ; incremento el puntero (grade - 1) veces
    pop rcx
    pop rdi
    pop rsi
    ;_;memcpy_end;_;
    sub rcx, r9
    cmp rcx, 0
    jne rows_cycle
end_cycle:
fin:
    pop rcx             ;restauro los registros con variables
    pop rdx             ;restauro los registros con variables
    pop rsi             ;restauro los registros con variables
    pop rdi             ;restauro los registros con variables
    end_convencion_C
ret

```

### 7.1.7. Instagram

```

;void blushing_asm(unsigned char* src, int size, int threshold);
#include "src/globales.mac";

global blushing_asm

section .rodata
first_on:  dd 0x00FFFFFF, 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000
first_off: dd 0xFF000000, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

unpack:    dd 0xFF01FF00, 0xFF03FF02, 0xFF05FF04, 0xFF07FF06
mul_low:   dd 0xFFFF0100, 0xFFFF0302, 0xFFFF0504, 0xFFFFFFFF
mul_high:  dd 0x0100FFFF, 0x0302FFFF, 0x0504FFFF, 0xFFFFFFFF

correte:   dd 0x07060504, 0x0B0A0908, 0x0F0E0D0C, 0xFFFFFFFF
replic:    dd 0xFF000000, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

blush_1:   dd 0x00000010, 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000
blush_2:   dd 0x00000016, 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000
firstdw:   dd 0x03020100, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF

;Parameters
;rdi = char* source
;rsi = int size
;rdx = int threshold

blushing_asm:
    begin_convencion_C

    initialize:

```

```

    mov rcx, rsi          ; contador de bytes
    mov rax, 3           ; bytes que proceso (1 pixel)
byte_cycle:
    movdqu xmm0, [rdi]
    ;XMM0 -> la papa
    movdqu xmm15, xmm0
    ;XMM15 -> la papa
    movdqu xmm14, xmm15
    movdqu xmm13, [unpack]
    pshufb xmm14, xmm13
    ;XMM14 -> XMM15 spliteado en words
    movdqu xmm13, xmm14
    pmullw xmm13, xmm13
    movdqu xmm12, [mul_low]
    pshufb xmm13, xmm12
    ;XMM13 -> XMM14^2 parte baja
    movdqu xmm12, xmm14
    pmulhw xmm12, xmm12
    movdqu xmm11, [mul_high]
    pshufb xmm12, xmm11
    ;XMM12 -> XMM14^2 parte alta
    por xmm13, xmm12
    movdqu xmm14, xmm13
    ;XMM14 -> (255-R)^2, (0-G)^2, (0-B)^2, 0x0
    movdqu xmm11, [correte]
    pshufb xmm13, xmm11
    padd xmm14, xmm13
    pshufb xmm13, xmm11
    padd xmm14, xmm13
    movdqu xmm11, [firstdw]
    pshufb xmm14, xmm11
    ;XMM14 -> (255-R)^2 + (0-G)^2 + (0-B)^2
    movq r12, xmm14
    cmp r12, rdx
    jle blusher
    movdqu xmm8, [blush_1]
    jmp continue_cycle
blusher:
    movdqu xmm8, [blush_2]
continue_cycle:
    movdqu xmm1, xmm0
    paddb xmm1, xmm8
    movdqu xmm8, [first_on]
    pand xmm1, xmm8
    movdqu xmm8, [first_off]
    pand xmm0, xmm8
    por xmm0, xmm1
    ;XMM0 -> tiene la mezcla
    movdqu [rdi], xmm0          ; bajo 16 bytes a memoria
    add rdi, rax                ; sincronizo el puntero
    sub rcx, rax                ; decremento el contador
    cmp rcx, rax                ; me quedan bytes?
    jl end
    jmp byte_cycle
end:
end_convencion_C
ret

```

### 7.1.8. Monochrome

```

;void mono_asm(unsigned char* src, int size);
#include "src/globales.mac";

global mono_asm

section .rodata
    clean_div_4: dd 0xFF3FFF3F, 0xFF3FFF3F, 0xFF3FFF3F, 0xFF3FFF3F
    last_on:     dd 0x00000000, 0x00000000, 0x00000000, 0xFF000000
    last_off:    dd 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0x00FFFFFF
    shuffle:     dd 0x03000000, 0x06060303, 0x09090906, 0xFF0C0C0C
;Parameters
;rdi = char* source
;rsi = int size

mono_asm:
    begin_convencion_C
    initialize:
;rdtsc_:
;cpuid          ; para prevenir out-of-order execution del read tsc
;rdtsc          ; EDX:EAX tienen los 64 bits del tsc
;sal rdx, 32    ; muevo de EDX a la parte alta de RDX
;add rax, rdx   ;
;mov r15,rax    ; r15 mantiene el valor del counter al ppio.
    mov rcx, rsi      ; contador de bytes
    mov rax, 15       ; bytes que proceso (5 píxeles)

byte_cycle:
    movdqu xmm1, [rdi]
    ; rescato el byte que no voy a procesar
    movdqu xmm0, [last_on]
    pand xmm0, xmm1
    ; divido por cuatro y limpio el residuo
psrlw xmm1, 2
    movdqu xmm8, [clean_div_4]
    pand xmm1, xmm8
; xmm2 tiene G/2
    movdqu xmm2, xmm1
    psrldq xmm2, 1
; xmm3 tiene B/4
    movdqu xmm3, xmm2
    psrldq xmm3, 1
; en xmm1 queda (R+2G+B)/4
    paddb xmm1, xmm2
    paddb xmm1, xmm2
    paddb xmm1, xmm3
    ; replicó el resultado en cada byte
    movdqu xmm8, [shuffle]
    pshufb xmm1, xmm8
    ; quito el último byte
    movdqu xmm8, [last_off]
    pand xmm1, xmm8
    ; vuelvo a poner el byte de back up
    por xmm1, xmm0
    movdqu [rdi], xmm1      ; bajo 16 bytes a memoria
    add rdi, rax           ; sincronizo el puntero
    sub rcx, rax          ; decremento el contador
    cmp rcx, rax          ; tengo aún 15 bytes delante?

```

```

    jl end
    jmp byte_cycle
end:
    end_convencion_C
ret

```

### 7.1.9. Channel

```

;blueonly_asm(unsigned char* frame, int size, int color);
global blueonly_asm

```

```

section .rodata

```

```

mask_r: db 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x
mask_g: db 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x
mask_b: db 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x

```

```

section .text

```

```

blueonly_asm:

```

```

    ; los parametros son pasados asi:
    ; rdi= char* frame
    ; rsi= int size
    ;     rdx= color(0=red, 2=green, 4=blue... otra cosa y la cagamos)
push rbp ;     reservo
mov rbp, rsp ;     la
push rbx ;     pila
push r12 ;     y
push r13 ;     guardo
push r14 ;     registros
push r15 ;     (...)
;;;;;;;;;; Aca comienza la funcion ;;;;;;;;;;
mov r12, rdx ; salvo el parametro del color
xor rdx, rdx ; limpio dividendo:high
mov rax, rsi ; el dividendo:low = size
mov rcx, 0xF ; la constante 15 por la que divido
div rcx ; divido
mov rcx, rax ; el resultado deberia estar en rdx:rax, lo muevo al rcx (contador)
                ; rax ya esta libre, lo uso como indice
    mov rdx, 4 ; 0=red, 2=green, 4=blue
lea rbx, [mask_r + 8*r12]
    movdqu xmm0, [rbx]
.ciclo:
; cargo los pixels en el registro
movdqu xmm1, [rdi] ; xmm0 = aR|aG|aB|bR | bG|bB|cR|cG | cB|dR|dG|dB | eR|eG|eB|fR = (5 pixels abcde + 1
pand xmm1, xmm0
    movdqu [rdi], xmm1 ; devuelvo a memoria los pixels cambiados
add rdi, 15 ; avanzo el puntero 15, porque cambie 5 pixels
dec rcx
cmp qword rcx, 0
    jnz .ciclo

pop r15 ;     restauro
pop r14 ;     los
pop r13 ;     registros
pop r12 ;     por
pop rbx ; convencion C
pop rbp ;

```

```
ret
```

### 7.1.10. Median

```
;void median_asm(unsigned char* frame, unsigned char* dst, int height, int width, int size);
```

```
global median_asm
```

```
section .rodata
```

```
lastOff: dd 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0xFFFFFFFF, 0x00FFFFFF
```

```
onlyRed: db 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
```

```
onlyGreen: db 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00,
```

```
onlyBlue: db 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x00,
```

```
sinMedio: db 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF,
```

```
soloMedio: db 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
```

```
section .text
```

```
median_asm:
```

```
    ; los parametros son pasados asi:
```

```
    ; rdi= char* src
```

```
    ; rsi= char* dst
```

```
    ;     rdx= int height
```

```
    ;     rcx= int width en pixels
```

```
    ;     r8= int size en bytes
```

```
    ;
```

```
push rbp ;     reservo
```

```
mov rbp, rsp ;     la
```

```
push rbx ;     pila
```

```
push r12 ;     y
```

```
push r13 ;     guardo
```

```
push r14 ;     registros
```

```
push r15 ; (...)
```

```
start:
```

```
    ;
```

```
mov rax, r8 ; rax = size
```

```
mov r8, rdi ; r8 = frame
```

```
mov r9, rsi ; r9 = dest
```

```
mov r10, rdx ; r10 = alto en lineas
```

```
mov r11, rcx ; r11 = contador ancho en pixels
```

```
mov r15, rcx
```

```
add r15, rcx
```

```
add r15, rcx ; r15 = ancho en bytes
```

```
cicloLasFilas:
```

```
    dec r10 ; mientras testeo, estoy levantando ventanas de una sola linea
```

```
cicloLasColumnas:
```

```
    sub r11, 1 ; r11= cantidad de ventanas restantes en la fila actual
```

```
    ;
```

```
movdqu xmm7, [lastOff]
```

```
mov r12, r8 ; puntero a la ventana actual en src
```

```
mov r13, r9 ; puntero a la ventana actual en dst
```

```
;;;;;;;;;
```

```
    ; la primera linea de la ventana la copio xq queda igual
```

```
movdqu xmm1, [r12]
```

```
pand xmm1, xmm7
```

```
    ; calculo donde arranca la segunda linea de la ventana
```

```

    add r12, r15    ; sumandole el ancho de imagen
    ; idem para dst
    add r13, r15    ; sumandole el ancho de imagen
    ;;;;;;
    ; la segunda linea de la ventana la copio xq queda igual
    movdqu xmm2, [r12]
    pand xmm2, xmm7
    pavgb xmm1, xmm2 ;;;;;; xmm1= avg xmm1-2
    ;;;;;; calculo donde arranca la tercera linea
    add r12, r15
    ; idem para dst
    add r13, r15
    pand xmm3, xmm7
    pavgb xmm1, xmm3 ;;;;;; xmm1= avg xmm1-3
    ;;;;;;
    ; calculo donde arranca la cuarta linea
    add r12, r15
    ; idem para dst
    add r13, r15
    movdqu xmm4, [r12]
    pand xmm4, xmm7
    pavgb xmm1, xmm4 ;;;;;; xmm1= avg xmm1-4
    ;;;;;;
    ; calculo donde arranca la quinta linea
    add r12, r15
    ; idem para dst
    add r13, r15
    movdqu xmm5, [r12]
    pand xmm5, xmm7
    pavgb xmm1, xmm5 ;;;;;; xmm1= avg xmm1-5
    ;
    movdqu xmm2, xmm1 ; copio los avg parciales
    movdqu xmm4, xmm1 ; copio denuevo
    pslldq xmm2, 3    ; muevo un pixel a izq
    pavgb xmm1, xmm3 ; calculo avg contra ese
    pslldq xmm2, 3    ; muevo otro pixel a izq
    pavgb xmm1, xmm2 ; vuelvo a calcular avg
    psrldq xmm4, 3    ; muevo un pixel a der
    pavgb xmm1, xmm4 ; calculo avg con ese
    psrldq xmm4, 3    ; muevo otro pixel a der
    pavgb xmm1, xmm4 ; vuelvo a calcular avg
    movdqu xmm2, [soloMedio]
    pand xmm1, xmm2
    movdqu xmm0, [sinMedio]
    pand xmm3, xmm0
    por xmm1, xmm3    ; xmm1 = xmm3...avg...xmm3
    psrldq xmm1, 6
    movq r12, xmm1
    sub r13, r15
    sub r13, r15     ; r13 = puntero a la tercera linea de la ventana
    mov [r13], r12d
        ;psadbw xmm1, xmm2 ; xmm1 = suma de promedios
    ; aca deberia usar xmm2, 3, 4 y 5 para hacer los calculos
    ; de la ventana, y guardar la media en: r8 + 2*wide + 2
    ;
    ; luego me muevo 5 pixels en src y dst
    add r8, 3
    add r9, 3

```



```
    ; comparo si llegue al final (ultima ventana de esta linea)
    cmp r11, 5
    jge cicloLasColumnas
    ;
    ; si llegue, paso a la siguiente linea de ventanas
    mov r11, rcx    ; restauro el contador de columnas
    cmp r10, 0     ; si todavia me faltan filas por recorrer
    jg cicloLasFilas
;; termine de pintar la imagen, estoy en la ultima fila
;

    xor rcx, rcx
ultima_negro:
    mov [r13], rcx
    add r13, 4
    cmp r13, rax
    jl ultima_negro

end:
    ;;;;;;;;;; Aca finaliza la funcion ;;;;;;;;;;
pop r15 ;   restauro
pop r14 ;   los
pop r13 ;   registros
pop r12 ;   por
pop rbx ;   convencion C
pop rbp ;

ret
```