



DEPARTAMENTO
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Trabajo Práctico III

6 de noviembre de 2015

Organizacion del computador II

Te voy a dar un Byte

Integrante	LU	Correo electrónico
Gonzalez Benitez, Albertito Juan	324/14	gonzalezjuan.ab@gmail.com
Lew, Axel Ariel	225/14	axel.lew@hotmail.com
Noli Villar, Juan Ignacio	174/14	juaninv@outlook.com

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)

Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (54 11) 4576-3359

<http://www.fcen.uba.ar>

Índice

0.1. Introduccion

En este trabajo practico procederemos a realizar un sistema operativo que pueda correr un juego.

1. Ejercicio 1:

1.1. Introducción:

En este ejercicio vamos a realizar la Tabla de Descriptores Globales (*GDT*). Se pide que realizemos lo siguiente :

- Que la tabla *GDT* tenga 4 segmentos, dos para código de nivel 0 y 3; y otros dos para datos de nivel 0 y 3. Estos segmentos deben direccionar los primeros 500MB de memoria. Por último se pide no usar las primeras siete posiciones de la *GDT*, ya que se consideran utilizadas.
- Pasar a modo protegido y setear la pila del kernel en la dirección 0x27000.
- Agregar a la *GDT* un segmento adicional y escribir una rutina que utilice este nuevo segmento para pintar la esquina superior izquierda de la pantalla.
- Limpiar la pantalla y pintar el área del mapa (sugerido el color gris) junto con las barras inferiores para los jugadores.

1.2. Ítem a): Setear la *GDT*

Para este ítem completamos el archivo *GDT.c* proporcionado por la catedra. En el mismo la *GDT* es representada mediante un array de 30 posiciones. Cada posicion tiene la siguiente estructura.

```
[GDT_IDX_NULL_DESC] = (gdt_entry) {
(unsigned short) 0x0000, /* limit[0:15] */
(unsigned short) 0x0000, /* base[0:15] */
(unsigned char) 0x00, /* base[23:16] */
(unsigned char) 0x00, /* type */
(unsigned char) 0x00, /* s */
(unsigned char) 0x00, /* dpl */
(unsigned char) 0x00, /* p */
(unsigned char) 0x00, /* limit[16:19] */
(unsigned char) 0x00, /* avl */
(unsigned char) 0x00, /* l */
(unsigned char) 0x00, /* db */
(unsigned char) 0x00, /* g */
(unsigned char) 0x00, /* base[31:24] */
},
```

Figura 1: Este descriptor corresponde a la primer entrada de la *GDT*

Como la primer posicion de la tabla *GDT* debe ser corresponder a una entrada nula, llenamos la primer posicion como muestra la imagen debajo.

```
[GDT_IDX_NULL_DESC] = (gdt_entry) {
    (unsigned short) 0x0000, /* limit[0:15] */
    (unsigned short) 0x0000, /* base[0:15] */
    (unsigned char) 0x00, /* base[23:16] */
    (unsigned char) 0x00, /* type */
    (unsigned char) 0x00, /* s */
    (unsigned char) 0x00, /* dpl */
    (unsigned char) 0x00, /* p */
    (unsigned char) 0x00, /* limit[16:19] */
    (unsigned char) 0x00, /* avl */
    (unsigned char) 0x00, /* l */
    (unsigned char) 0x00, /* db */
    (unsigned char) 0x00, /* g */
    (unsigned char) 0x00, /* base[31:24] */
},
```

Figura 2: Este descriptor corresponde a la primer entrada de la *GDT*

Luego, creamos los 4 segmentos que se piden a partir de la posición 8 de la *GDT*, ya que por enunciado, no se deben tocar las primeras 7 posiciones de la table de descriptors. Mostramos en las imagenes de abajo como creamos un descriptor de datos y otro de codigos.

<pre>[GDT_IDX_NULL_DESC+8] = (gdt_entry) { (unsigned short) 0xF400, /* limit[0:15] */ (unsigned short) 0x0000, /* base[0:15] */ (unsigned char) 0x00, /* base[23:16] */ (unsigned char) 0x0A, /* type */ (unsigned char) 0x01, /* s */ (unsigned char) 0x00, /* dpl */ (unsigned char) 0x01, /* p */ (unsigned char) 0x01, /* limit[16:19] */ (unsigned char) 0x00, /* avl */ (unsigned char) 0x00, /* l */ (unsigned char) 0x01, /* db */ (unsigned char) 0x01, /* g */ (unsigned char) 0x00, /* base[31:24] */ },</pre>	<pre>[GDT_IDX_NULL_DESC+9] = (gdt_entry) { (unsigned short) 0xF400, /* limit[0:15] */ (unsigned short) 0x0000, /* base[0:15] */ (unsigned char) 0x00, /* base[23:16] */ (unsigned char) 0x02, /* type */ (unsigned char) 0x01, /* s */ (unsigned char) 0x00, /* dpl */ (unsigned char) 0x01, /* p */ (unsigned char) 0x01, /* limit[16:19] */ (unsigned char) 0x00, /* avl */ (unsigned char) 0x00, /* l */ (unsigned char) 0x01, /* db */ (unsigned char) 0x01, /* g */ (unsigned char) 0x00, /* base[31:24] */ },</pre>
---	---

Figura 3: Este descriptor corresponde al segmento de datos de nivel 0

Figura 4: Este descriptor corresponde al segmento de código de nivel 0

Los otros dos que faltan son exactamente iguales, solo que en la línea correspondiente al nivel (dpl) ponemos 0x03, ya que corresponde al nivel 3 de prioridad.

Los descriptors de segmentos tienen la siguiente forma:

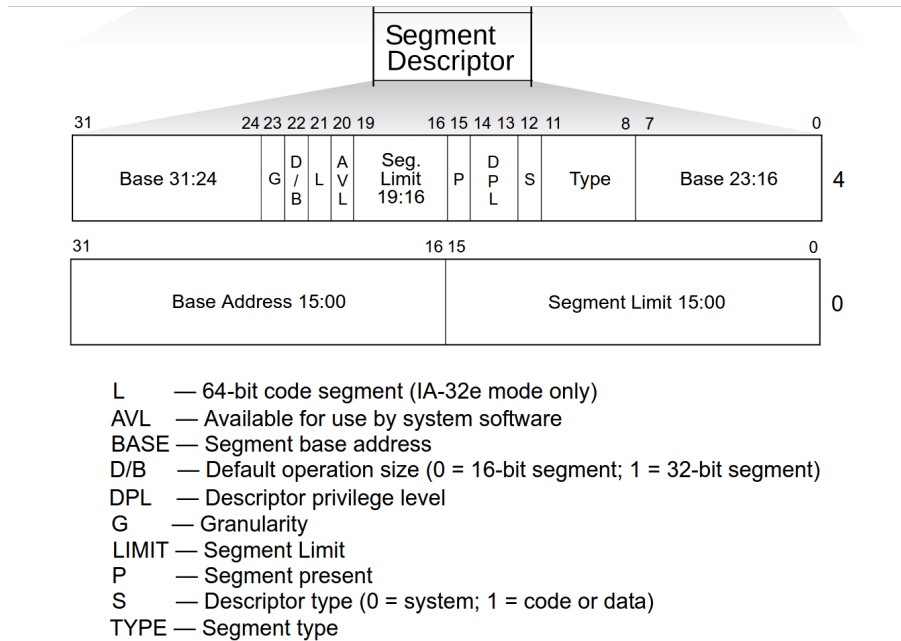


Figura 5: Este descriptor corresponde a la primer entrada de la GDT

Completamos nuestros descriptores como marcan las figuras 3 y 4 de esa forma porque:

Base: En el tp se pide que los descriptores direccionen los primeros 500mb de memoria. Por ende la base corresponde a la dirección 0x00000000.

G: Para poder direccionar 500mb, no nos alcanza la cantidad de bits que hay para el limite, por ende necesitamos activar la granularidad para poder abarcar más memoria, ya que cuando esta activada la posición que indica el limite se multiplica por 4kb.

Límite: Como esta activada la granularidad, podemos abarcar 500mb de memoria, el limite correspondiente a 500mb con la granularidad activada es 0x0F400.

Type: Aqui se indica si el descriptor es de código/datos, a los correspondientes a datos les pusimos que eran de tipo 0x02 (segmento de datos de escritura/lectura) y a los de código que eran de tipo 0x0A (segmento de código de escritura/lectura).

S: Con este bit se decide si es un segmento de sistema (s=0) o si son de código/data (s=1), por ende a este bit le corresponde un 0x1.

Dpl: En esta sección se declara el privilegio del segmento, a los que eran de nivel 0 les corresponde un 0x00 y a los de nivel 3 un 0x03

P: Este es el bit de present. Cuando es '1' el segmento correspondiente esta presente en la memoria RAM. Si es '0', el segmento esta en la memoria virtual. Por ende lo seteamos en 1.

Avl: Es el bit correspondiente a Available. Como no lo vamos a tener en cuenta lo dejamos en 0.

L: Indica si el código es de 64bits o de 32. Como trabajamos en 32bits dejamos este bit en 0.

D/B: Este bit define el tamaño de las operaciones en las que va a trabajar el procesador. De nuevo, como nos encontramos trabajando en 32bits, el tamaño de las operaciones debe ser de 32, por eso lo seteamos en 1.

1.3. Ítem b): Pasar a modo protegido y setear la pila

Para pasar a modo protegido realizamos los siguientes pasos:

- a) Deshabilitamos las interrupciones, para eso utilizamos la instrucción CLI.
- b) Cargamos el registro *GDTR* con la dirección base de la *GDT* utilizando la instrucción *LGDT* de esta manera:

```
lgdt [GDT DESC]
```

Donde GDT DESC es el descriptor de la tabla.

- c) Seteamos el bit *PE* (BIT 0) del registro *CR0* en 1 para pasar a modo protegido. Procedemos a hacer esto con las instrucciones:

```
mov eax, cr0  
or eax, 1  
mov cr0, eax
```

- d) Realizamos un far jump para cargar en el registro *CS* la dirección donde esta el segmento de código. Para esto utilizamos la instrucción:

```
jmp 0X40:modoprotegido
```

Donde 0x40 es la dirección donde en nuestra *GDT* comienza el segmento de código y modoprotegido es una etiqueta que se encuentra inmediatamente debajo de este JMP.

- e) Cargamos los registros de segmento de la siguiente manera.

```
mov ax, 0x48  
mov ds, ax  
mov ax, 0x48  
mov ss, ax
```

Ahora que ya nos encontramos con el procesador trabajando en modo protegido, procedemos a setear la pila en la dirección 0x27000. Para eso seteamos los registros *ebp* y *esp* en la dirección 0x27000 con las siguientes instrucciones:

```
mov ebp, 0x27000  
mov esp, 0x27000
```

1.4. Ítem c): Agregar a la *GDT* un segmento adicional y utilizarlo como memoria de vídeo

Para este ítem, agregamos a la *GDT* el siguiente segmento, el cual direcciona a la memoria de vídeo utilizada por la pantalla (Desde 0xB8000 a 0XC000).

1.4 Ítem c): Agregar a la GDT un segmento adicional y utilizarlo como memoria de vídeo EJERCICIO 1:

```
// VIDEO
[GDT_IDX_NULL_DESC+12] = (gdt_entry) {
    (unsigned short) 0x8000, /* limit[0:15] */
    (unsigned short) 0x8000, /* base[0:15] */
    (unsigned char) 0x0B, /* base[23:16] */
    (unsigned char) 0x02, /* type */
    (unsigned char) 0x01, /* s */
    (unsigned char) 0x00, /* dpl */
    (unsigned char) 0x01, /* p */
    (unsigned char) 0x02, /* limit[16:19] */
    (unsigned char) 0x00, /* avl */
    (unsigned char) 0x00, /* l */
    (unsigned char) 0x01, /* db */
    (unsigned char) 0x00, /* g */
    (unsigned char) 0x00, /* base[31:24] */
},
```

Figura 6:

Luego cargamos en un registro de segmentos, en este caso *FS*, la posición del segmento anterior. Por último con la siguiente instrucción podemos poner en la esquina superior izquierda de la pantalla lo que querramos

```
mov word[fs:0x00], aimprimir
```

Donde *aimprimir* es algo de tamaño word, y su valor es lo que aparece en la esquina superior izquierda de la pantalla. Esto ocurre porque se carga el segmento que comienza en la dirección 0xB8000 y se le suma el offset 0 y esta es la primera dirección de la memoria de vídeo utilizada por la pantalla.

Si por ejemplo escribimos la siguiente línea:

```
mov word[fs:0x00], 0xdb00
```

Obtenemos este resultado, que es lo que pedía el ejercicio.



Figura 7:

1.5. Ítem d): Limpiar la pantalla y pintar el área del mapa

En este punto creamos una función auxiliar en C para limpiar la pantalla. La función pinta la pantalla de gris y es la siguiente:

```
void aux_limpiarPantalla(){  
    int i = 1;  
    while (i<45){  
        int j = 0;  
        while(j<80){  
            p[i][j].c = 219;  
            p[i][j].a = 7;  
            j++;  
        }  
        i++;  
    }  
}
```

Figura 8:

Esta función la escribimos en *screen.c* y utiliza la matriz P creada por la catedra para acceder a las posiciones de la pantalla. Estos son los resultados luego de utilizar nuestra función.

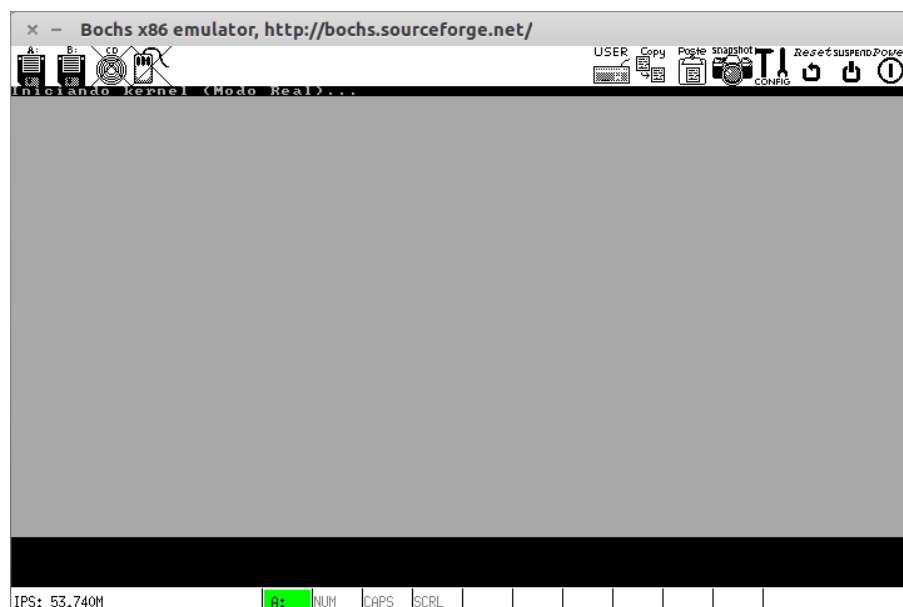


Figura 9:

Para pintar el mapa utilizamos la función dada por la catedra *screen_inicializar*. Para utilizar estas funciones, escribimos en *kernel.asm* las siguientes líneas con el siguiente resultado:

```
call aux_limpiarPantalla  
call screen_inicializar
```

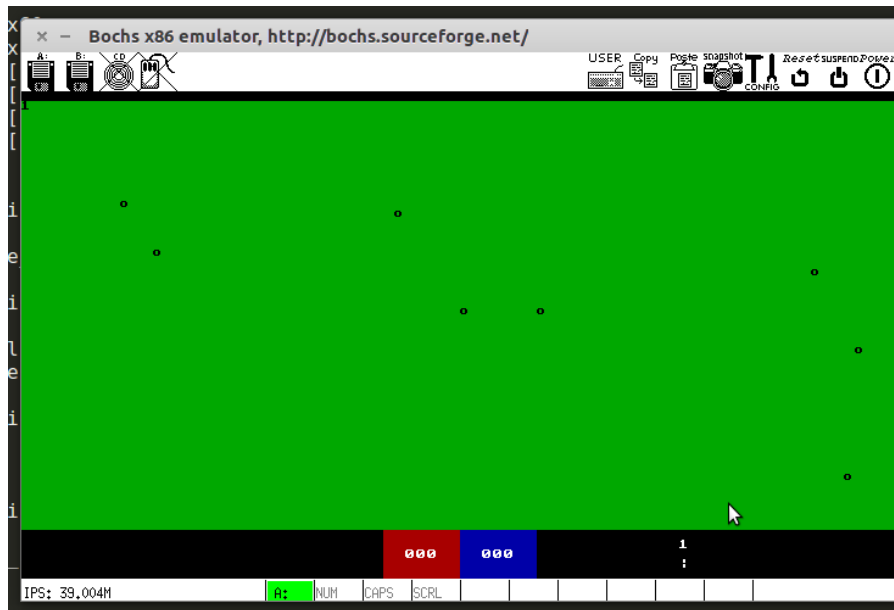


Figura 10:

2. Ejercicio 2:

2.1. Introducción:

En este ejercicio vamos a setear las interrupciones basicas, osea las reservadas para el procesador. Para esto completaremos la *IDT*. Se pide que realizemos lo siguiente :

- Completar la *IDT* de tal forma que indique por pantalla el problema que se produjo y que interrumpa la ejecución.
- Cargar la *IDT* y probarla.

2.2. Ítem a): Setear la *IDT*

Para esto utilizamos los siguientes archivos dados por la catedra *idt.c*, *isr.h*, *isr.asm* y los completamos.

2.2.1. *Idt.c*:

En este archivo se encuentra la función *IDT_ENTRY(número, dpl)* la cual recibe el numero de la interrupción y su prioridad. La misma se encontraba incompleta y necesitaba ser completada con la información necesaria. La llenamos agregandole el segmento correspondiente y los atributos correpondientes. El segmento que le correpondia se ubicaba en la direccion 0x40 (explicado en el ejercicio 1) y los atributos son los correpondientes a el valor 0x8700, ya que el formato de los atributos de una interrupcion debe ser de la siguiente forma:

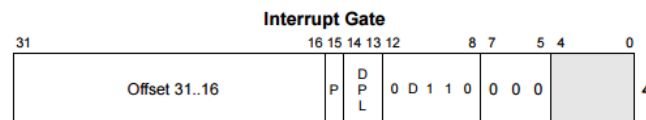


Figura 11: Formato de los atributos de una interrupcion

Entonces como 0x8E00 representa en binario 1000 1110 0000 0000, tiene el formato que queremos. Ya que P debe ser 1, DPL debe ser 00, luego sigue un 0, luego D (que en este caso es 1 ya que estamos trabajando en 32bits) luego siguen dos unos y por último nueve ceros, lo cual forma el número que queremos. De esta forma nos queda la funcion *IDT_ENTRY* de la siguiente manera:

```
#define IDT_ENTRY(numero, dpl) \
idt[numero].offset_0_15 = (unsigned short) (((unsigned int)(&_isr ## numero) & (unsigned int) 0xFFFF); \
idt[numero].segset = (unsigned short) 0x40; \
idt[numero].attr = (unsigned short) 0x8E00 | (((unsigned short)(dpl & 0x3)) << 13); \
idt[numero].offset_16_31 = (unsigned short) (((unsigned int)(&_isr ## numero) >> 16 & (unsigned int) 0xFFFF);
```

Figura 12: Formato de los atributos de una interrupcion

Por último, creamos las 19 interrupciones correspondientes utilizando *IDT_ENTRY* .

```

void idt_inicializar() {
    // Excepciones
    IDT_ENTRY(0, 0);
    IDT_ENTRY(1, 0);
    IDT_ENTRY(2, 0);
    IDT_ENTRY(3, 0);
    IDT_ENTRY(4, 0);
    IDT_ENTRY(5, 0);
    IDT_ENTRY(6, 0);
    IDT_ENTRY(7, 0);
    IDT_ENTRY(8, 0);
    IDT_ENTRY(9, 0);
    IDT_ENTRY(10, 0);
    IDT_ENTRY(11, 0);
    IDT_ENTRY(12, 0);
    IDT_ENTRY(13, 0);
    IDT_ENTRY(14, 0);
    IDT_ENTRY(15, 0);
    IDT_ENTRY(16, 0);
    IDT_ENTRY(17, 0);
    IDT_ENTRY(18, 0);
    IDT_ENTRY(19, 0);
}

```

Figura 13: Formato de los atributos de una interrupcion

2.2.2. *Isr.h:*

En este archivo tuvimos que declarar las siguientes funciones:

```

#ifndef __ISR_H__
#define __ISR_H__

void _isr0();
void _isr1();
void _isr2();
void _isr3();
void _isr4();
void _isr5();
void _isr6();
void _isr7();
void _isr8();
void _isr9();
void _isr10();
void _isr11();
void _isr12();
void _isr13();
void _isr14();
void _isr15();
void _isr16();
void _isr17();
void _isr18();
void _isr19();

#endif /* !__ISR_H__ */

```

Figura 14: Formato de los atributos de una interrupcion

Sino, la función del archivo anterior, *IDT_ENTRY*, no compilaba, pues no las encontraba. No es necesario que estas funciones hagan algo, ya que en realidad *IDT_ENTRY* las utilizaba como macro.

2.2.3. *Isr.asm:*

Por último, en este archivo, atendemos las interrupciones con sus correspondientes rutinas, como en el enunciado solo se pide que se interrumpa la ejecución del programa y se muestre por pantalla la interrupción que generó el problema, solamente utilizamos una función macro dada por la cátedra que simplemente muestra dicho mensaje y ejecuta un loop infinito.

La macro es la siguiente:

```
exception1 db 'Divide Error', 0

%macro ISR 1
global _isr%1

_isr%1:
    mov eax, %1
    push 0xf
    push 0
    push 0
    push exception%1
    call print
    sub esp, 4
    sub esp, 4
    sub esp, 4
    sub esp, 4
    jmp $

%endmacro
```

Figura 15: Macro para atender interrupciones

La macro de la imagen anterior reemplaza %1 por el primer parámetro que recibe. Este parámetro es el número correspondiente a la interrupción, por ende cuando llegue la interrupción "x", se pusha el mensaje exception"x" y print muestra por pantalla el mensaje correspondiente a la etiqueta exception"x", para luego quedarse saltando infinitamente y por lo tanto interrumpiendo la ejecución del programa. En la imagen se muestra un ejemplo del mensaje que se mostraría si se produjera la interrupción 1, correspondiente a la división por cero.

Por último escribimos la rutina de atención de interrupciones, la cual simplemente llama a la macro anterior, tomando como parámetro el número de la interrupción.

```
ISR 0
ISR 1
ISR 2
ISR 3
ISR 4
ISR 5
ISR 6
ISR 7
ISR 8
ISR 9
ISR 10
ISR 11
ISR 12
ISR 13
ISR 14
ISR 15
ISR 16
ISR 17
ISR 18
ISR 19
```

Figura 16: Rutina de atencion de interrupciones.

2.3. Ítem b): Cargar y probar *IDT*

Para cargar la *IDT* y probarla, agregamos las siguientes lineas al *kernel*:

```
lidt [IDT_DESC]
mov eax, 0
mov ecx, 1
div ecx
```

Obteniendo el resultado esperado:



Figura 17: Rutina de atencion de interrupciones.

3. Ejercicio 3:

3.1. Introducción:

En el siguiente ejercicio activaremos la paginación básica. Completaremos el archivo *mmu.c* para relizar los siguientes ítems.

- a) Limpiar el buffer de video y pintar el mapa.
- b) Completar la función *mmu_mapear_página(unsigned int virtual, unsigned int cr3, unsigned int física)*
- c) Utilizando la función anterior, completar la función *mmu_inicializar_dir_kernel* generar un directorio de páginas que mapee, usando identity mapping, las direcciones 0x00000000 a 0x003FFFFFFF. El directorio de páginas a inicializar se encuentra en la dirección 0x27000.
- d) Activar la paginación y verificar que el sistema sigue funcionando imprimiendo el nombre del grupo.
- e) Completar la función *mmu_unmapear_pagina(unsigned int virtual, unsigned int cr3)*
- f) Probar la función anterior desmapeando la última página del kernel (0x3FF000).

3.2. Ítem a): Limpiar el buffer de video y pintar el mapa *IDT*

Este ítem ya lo implementamos anteriormente, el mapa ya se encuentra pintado. Lo hicimos en el ejercicio 2, al utilizar las funciones *aux_limpiarPantalla* y *screen_inicializar*.

3.3. Ítem b): Completar la función *mmu_mapear_página(unsigned int virtual, unsigned int cr3, unsigned int física)*

En este punto realizamos la siguiente función:

3.3 Ítem b): Completar la función `mmu_mapear_pagina(unsigned int virtual, unsigned int cr3, unsigned int física)` 3 EJERCICIO 3:

```
void mmu_mapear_pagina(uint virtual, uint cr3, uint fisica, uint attrs){
    uint *pagDir = (uint *) ((cr3 & 0xFFFFF000) + ((virtual >> 22)*4));

    uint *pageTable;
    uint *pageTableEntry;
    if (*pagDir % 2 == 1){

        pageTableEntry = (uint *) ((*pagDir & 0xFFFFF000) + ((virtual >> 12) & 0x000003FF)*4);
        uint pageDirAux = *pagDir;
        pageDirAux = pageDirAux & 0xFFFFFFF0;
        uint atr_aux = attrs;
        atr_aux = atr_aux >> 1;
        if (pageDirAux % 4 == 0 && atr_aux % 2 == 1){ // si r/w == 0 y attrs es de r/w
            *pagDir = *pagDir | 10;
        }
        atr_aux = atr_aux >> 1;
        pageDirAux = pageDirAux & 0xFFFFFFF0;
        if (pageDirAux % 8 != 0 && atr_aux % 2 == 0){ // si u/s == 1 y attrs es de supervisor
            *pagDir = *pagDir & 0xFFFFFFF0;
        }
    } else {
        pageTable = (uint *) mmu_proxima_pagina_fisica_libre();
        *pagDir = ((uint)pageTable & 0xFFFFF000) | 0x00000007;

        pageTableEntry = pageTable + ((virtual >> 12) & 0x000003FF)*4;
        mmu_inicializar_pagina(pageTable);
    }

    *pageTableEntry = 0x00000000 | fisica;
    *pageTableEntry = (*pageTableEntry & 0xFFFFF000) | attrs;
}
```

Figura 18: Función mapeadora

Lo que realiza esta función es lo siguiente:

- A: Recibe como parámetro una dirección virtual, una física, un *CR3* y la información sobre los atributos.
- B: Como *CR3* tiene la siguiente forma:

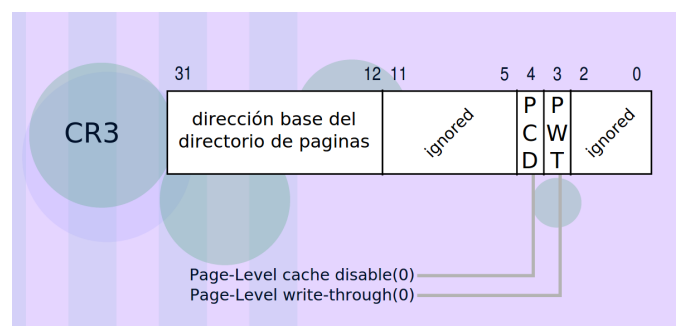


Figura 19: Formato *CR3*

Le hacemos un and lógico con `0xFFFFF000`, de esta forma nos quedamos solo con la dirección base del directorio de páginas del *cr3*. Luego shifteamos la dirección virtual del parámetro de entrada en 22 posiciones, para quedarnos con el offset de la misma y multiplicamos este

3.3 Ítem b): Completar la función *mmu_mapear_página(unsigned int virtual, unsigned int cr3, unsigned int física)* 3 EJERCICIO 3:

offset por 4 pues los punteros de las páginas de directorio ocupan 32 bytes y cada posición de memoria es de 8.

Ahora sumamos la dirección base del directorio de páginas con el offset anterior y obtenemos la dirección de la tabla de página que buscábamos.

```
uint *pagDir = (uint *) ((cr3 & 0xFFFFF000) + ((virtual >> 22)*4));
```

Figura 20: Formato CR3

C: Lo siguiente es fijarse si la dirección de la tabla de página obtenida existe o no. Para esto nos fijamos que en módulo 2 la dirección anteriormente obtenida. Así obtenemos el último bit de la misma, si es 1 (P) sabemos que esta presente y si es 0 sabemos que no lo está (¬P) y tenemos que crearla

P: Si esta presente, tenemos que encontrar la posición de la tabla de página deseada. Para eso, realizamos un and lógico con la dirección obtenida anteriormente y 0xFFFFF000 para obtener la dirección base de la tabla de página (en la cual buscaremos la posición deseada).

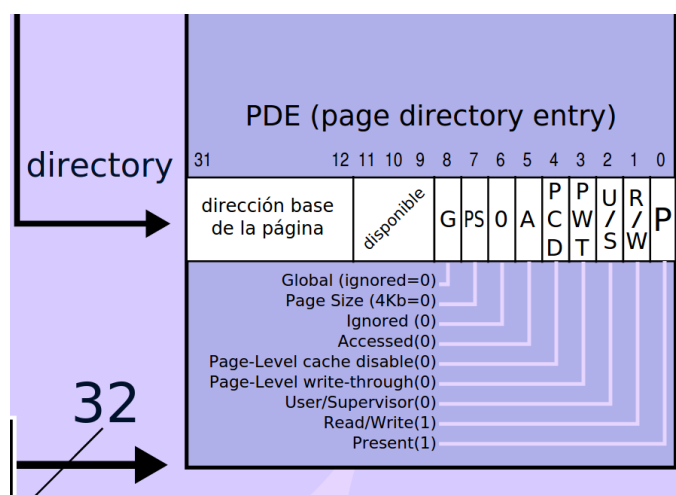


Figura 21: Formato de una posición del directorio de tabla de páginas

Luego shiftamos 12 posiciones la dirección virtual del parámetro de entrada para obtener el segundo offset necesario y le hacemos un and lógico con 0x000003FF para que solo quede la información que queremos y limpiar la posible basura que haya.

Este offset lo multiplicamos por 4 por la misma razón explicada anteriormente y se lo sumamos a la dirección base obtenida antes. Así obtenemos la posición de la tabla de página deseada.

En este caso, es necesario chequear si los atributos que se encuentran en la posición recientemente encontrada son los mismos que los que se encontraban en la posición del directorio de páginas encontrada en B. Obtenemos los atributos, y los comparamos, y en caso de ser necesario los cambiamos.

```
uint pageDirAux = *pagDir;
pageDirAux = pageDirAux & 0xFFFFFFFFE;
uint atr_aux = attrs;
atr_aux = atr_aux >> 1;
if (pageDirAux % 4 == 0 && atr_aux % 2 == 1){
    *pagDir = *pagDir | 10;
}
atr_aux = atr_aux >> 1;
pageDirAux = pageDirAux & 0xFFFFFFF0;
if (pageDirAux % 8 != 0 && atr_aux % 2 == 0){
    *pagDir = *pagDir & 0xFFFFFFF3;
}
```

Figura 22: Comparacion y cambio de atributos

- ¬P: Si la página no estaba presente, es necesario crearla. Entonces pedimos una dirección para crearla con la función *mmu_proxima_pagina_fisica_libre()*. Luego ponemos esta dirección obtenida en el directorio de tabla de páginas, en la posición obtenida en B, con los atributos correspondientes (para eso el or lógico con 0x00000007)

```
uint mmu_proxima_pagina_fisica_libre(){
    pagLibre += 4096;
    cantPagLibre--;
    return pagLibre-4096;
}
```

Figura 23: Función que nos da una posición libre para poner una página. La variable *pagLibre* es una variable global inicializada con el valor 0x100000, y *cantPagLibre* en 768

Por último obtenemos la posición deseada de la tabla de página obtenida en B de la misma manera que cuando la página está presente e inicializamos la tabla de página llenándola de ceros.

```
void mmu_inicializar_pagina(uint * pagina){
    int i = 0;
    while(i < 4096){
        *pagina = 0x00000000;
        pagina += 32;
        i++;
    }
}
```

Figura 24: Función que inicializa una página

- D: Ahora que tenemos todo en orden y la posición de la tabla de página deseada, procedemos a poner en esta posición la dirección física pasada por parámetro con los atributos también pasados por parámetro.

3.4 Ítem c): Inicializar el directorio de páginas en 0x00027000 y mapear las direcciones desde la 0 hasta la 0x003FFFFFF con Identity Mapping 3 EJERCICIO 3:

```
*pageTableEntry = 0x00000000 | fisica;  
*pageTableEntry = (*pageTableEntry & 0xFFFFF000) | attrs;
```

Figura 25: Identity mapping

Como es Identity Mapping alcanza con poner en esta posición el resultado de hacer un or lógico con la dirección física y luego un or lógico con los atributos.

3.4. Ítem c): Inicializar el directorio de páginas en 0x00027000 y mapear las direcciones desde la 0 hasta la 0x003FFFFFF con Identity Mapping *IDT*

Para realizar lo pedido completamos la función `mmu_inicializar_dir_kernel` mostrada a continuación:

```
uint mmu_inicializar_dir_kernel(){  
  
    mmu_inicializar_pagina((uint *)0x00027000);  
    uint cr3 = 0x00027000;  
    uint attrs = 0x007;  
    int i = 0x00000000;  
    while (i < 1024){  
        mmu_mapear_pagina(i*4096, cr3, i*4096, attrs);  
        i++;  
    }  
  
    paginaJugadorA = mmu_proxima_pagina_fisica_libre();  
    paginaJugadorB = mmu_proxima_pagina_fisica_libre();  
    return cr3;  
}
```

Figura 26:

Esta función comienza creando una tabla de páginas vacía en la dirección 0x27000, la cual va a actuar como directorio de páginas. Luego crea la variable *Attrs* y la inicializa con el valor 0x007, el cual corresponde a los atributos que queremos que tenga el directorio de páginas, osea que $P = 1$, sea de lectura y escritura y sea de sistema. También crea la variable *Cr3* el cual se le asigna el valor 0x00027000 para que tenga la dirección base y los atributos correspondientes al directorio de páginas que queremos inicializar.

Para mapear cada posición del directorio recientemente creado se llama a la función del ítem anterior. Llamamos a esta función con las variables *Cr3* y *Attrs* anteriormente creadas, y en cada iteración se le da una posición nueva del directorio para que haga el correspondiente mapeo.

Por último es necesario que cada jugador tenga una página, por eso le asignamos a cada uno una página libre.

3.5. Ítem d): Activar la paginación y verificar que el sistema sigue funcionando imprimiendo el nombre del grupo.

Activamos la paginación escribiendo en el kernel las siguientes líneas:

3.6 Ítem e): Completar la función `mmu_unmapear_pagina(unsigned int virtual, unsigned int cr3)`

Inicializar el directorio de paginas:

```
call mmu.inicializar_dir_kernel
```

Cargar directorio de paginas:

```
mov eax, 0x00027000  
mov cr3, eax
```

Habilitar paginacion:

```
mov eax, cr0  
or eax, 0x80000000  
mov cr0, eax
```

Luego verificamos que el sistema sigue funcionando imprimiendo por pantalla el nombre del grupo

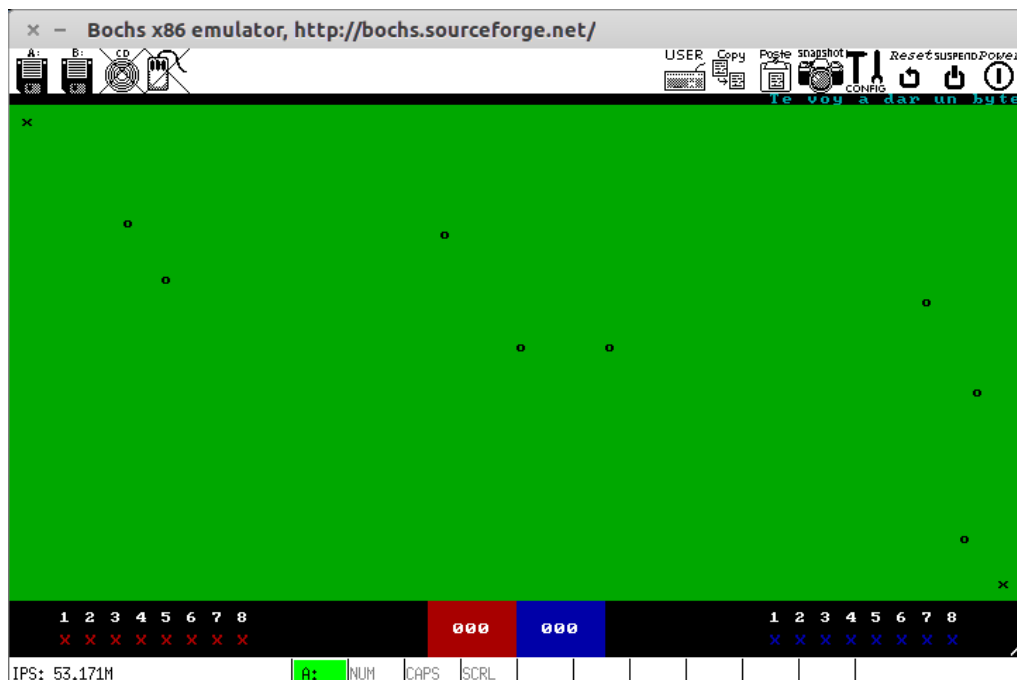


Figura 27:

3.6. Ítem e): Completar la función `mmu_unmapear_pagina(unsigned int virtual, unsigned int cr3)`

Para unmapear una dirección virtual realizamos la siguiente función

3.7 Ítem f): Probar la función anterior desmapeando la última página del kernel (0x3FF000).

```
uint mmu_unmapear_pagina(uint virtual, uint cr3){
    uint *pagDir = (uint *) ((cr3 & 0xFFFFF000) + ((virtual >> 22) * 4));

    uint *pageTableEntry;
    if ( *pagDir % 2 == 1){ // ESTA PRESENTE?
        pageTableEntry = (uint *) ((*pagDir & 0xFFFFF000) + ((virtual >> 12) & 0x000003FF) * 4);
    } else {
        return 0;
    }
    *pageTableEntry = 0x00000000;
    return 0;
}
```

Figura 28: Identity mapping

La cual realiza el mismo cálculo que en el ítem 2 para acceder a la posición de tabla de página buscada en el directorio de páginas y luego si esta página está presente se hace un cálculo también explicado anteriormente para acceder a la posición deseada en esta página. Una vez obtenida esta posición se procede a llenarla con ceros.

3.7. Ítem f): Probar la función anterior desmapeando la última página del kernel (0x3FF000).

Para probar la función anterior, escribimos en el kernel las siguientes líneas:

Le pasamos los parámetros a la función:

```
mov eax, cr3
push eax
mov eax, 0x3FF000
push eax
```

La llamamos:

```
call mmu_unmapear_pagina
```

Limpiamos pila:

```
pop eax
pop eax
```

De esta manera llamamos a la función, y para ver que los resultados son los deseados, usamos el comando *Info tab* de *bochs* para ver hasta donde llega el mapeo de páginas y obtenemos que llega hasta la dirección 0x3FEFFF en vez de llegar hasta 0x3FEFFF, por lo tanto podemos decir que la función hizo lo debido.

3.7 Ítem f): Probar la función anterior desmapeando la última página del kernel (FUNCTION 3):

```
x - + jnoli@ws5: ~/3_Orga2/src
Archivo  Editar  Ver  Buscar  Terminal  Ayuda

Built from SVN snapshot on May 26, 2013
Compiled on Oct  6 2015 at 18:10:19
=====
0000000000i[      ] reading configuration from bochsrc
0000000000e[      ] bochsrc:563: 'keyboard_serial_delay' will be replaced by new
'keyboard' option.
0000000000e[      ] bochsrc:580: 'keyboard_paste_delay' will be replaced by new
'keyboard' option.
0000000000e[      ] bochsrc:701: 'keyboard_mapping' will be replaced by new 'key
board' option.
0000000000i[      ] Stopping on magic break points
0000000000i[      ] installing x module as the Bochs GUI
0000000000i[      ] using log file /dev/null
Next at t=0
(0) [0x0000fffffff0] f000:fff0 (no symbol): jmp far f000:e05b          ; ea5be000
f0
<bochs:1> c
^CNext at t=159612237
(0) [0x00000000137a] 0040:0000137a (modoprotegido+b1): jmp .-2 (0x0000137a)
; ebfe
<bochs:2> info tab
cr3: 0x0000000027000
0x00000000-0x0003fefff -> 0x000000000000-0x00000003fefff
<bochs:3> █
```

Figura 29: Identity mapping

4. Ejercicio 4:

4.1. Introducción:

- Completar *inicializar_mmu* que se encargue de inicializar las estructuras globales necesarias para administrar la memoria en el área libre (un contador de páginas libres).
- Completar la función *mmu_inicializar_memoria_perro*.

4.2. Ítem a): Completar *inicializar_mmu*.

Para realizar esta función simplemente creamos en el archivo *mmu.c* las variables globales las cuales pueden ser usadas por el resto de las funciones:

```
uint pagLibre = 0x100000
uint cantPagLibre = 768
uint paginaJugadorA
uint paginaJugadorB
```

4.3. Ítem b): Completar la función *mmu_inicializar_memoria_perro*.

La función la realizamos de la siguiente manera:

```
uint mmu_inicializar_memoria_perro(perro_t *perro, int index_jugador, int index_tipo){
    uint *pagDir = (uint *) mmu_proxima_pagina_fisica_libre(); // PIDO UNA PAGINA LIBRE
    mmu_inicializar_pagina(pagDir); // LIMPIO PAGINA
    int i = 0x00000000;
    while (i < 1024){ // HAGO IDENTITY MAPPING
        mmu_mapear_pagina(i*4096, (uint) pagDir, i*4096, 0x007);
        i++;
    }

    uint aCopiar;
    if (index_jugador == 1){
        if (perro->tipo == 1){ // TAREA A1
            aCopiar = 0x10000;
        } else { // TAREA A2
            aCopiar = 0x11000;
        }
        mmu_mapear_pagina(0x400000, (uint) pagDir, paginaJugadorA, 0x007);
    } else{
        if (perro->tipo == 1){ // TAREA B1
            aCopiar = 0x12000;
        } else { // TAREA B2
            aCopiar = 0x13000;
        }
        mmu_mapear_pagina(0x400000, (uint) pagDir, paginaJugadorB, 0x007);
    }
    uint dondeCopiar = 0x500000 + (perro->jugador->x_cucha + perro->jugador->y_cucha*80)*4;

    int j = 0;
    while (j < 3520){ // MAPEO CON EL MAPA
        mmu_mapear_pagina(0x800000+j*4096, (uint) pagDir, j*4096+0x500000, 0x007);
        j++;
    }

    mmu_mapear_pagina(0x401000, (uint) pagDir, dondeCopiar, 0x007);
    mmu_copiar_pagina(aCopiar, 0x401000);
    return (uint) pagDir;
}
```

Figura 30: Función principal

La función realiza lo siguiente:

- A: Recibe como parametros un perro, un int que sirve para indicar que jugador es y otro int para identificar el tipo de perro.
- B: Comienza pidiendo un lugar para crear una página libre, para eso llama a la función *mmu_proxima_pagina_fisica.lib*. Una vez obtenida la posicion, procede a crear la pagina y luego la mapea con la funcion *mmu_mapear_pagina*

```
uint *pagDir = (uint *) mmu_proxima_pagina_fisica_libre();
mmu_inicializar_pagina(pagDir); // LIMPIO PAGINA
int i = 0x00000000;
while (i < 1024) { // HAGO IDENTITY MAPPING
    mmu_mapear_pagina(i*4096, (uint) pagDir, i*4096, 0x007);
    i++;
}
```

Figura 31:

- C: Luego, para saber que tarea copiar identifica que jugador es, usando el parámetro de entrada *index_jugador*, luego identifica que tipo de perro es , usando la variable de entrada *index_tipo*. Con esa informacion, la función sabe donde esta la tarea que tiene que copiar. Además es necesario que se le mapee esta nueva tarea al jugador correspondiente por eso, dependiendo de que jugador sea, se le mapea esta nueva tarea.

```
uint aCopiar;
if (index_jugador == 1) {
    if (perro->tipo == 1) { // TAREA A1
        aCopiar = 0x10000;
    } else { // TAREA A2
        aCopiar = 0x11000;
    }
    mmu_mapear_pagina(0x400000, (uint) pagDir, paginaJugadorA, 0x007);
} else {
    if (perro->tipo == 1) { // TAREA B1
        aCopiar = 0x12000;
    } else { // TAREA B2
        aCopiar = 0x13000;
    }
    mmu_mapear_pagina(0x400000, (uint) pagDir, paginaJugadorB, 0x007);
}
```

Figura 32:

- D: Después de mapear el mapa devuelta es necesario mapear la dirección 0X401000 con la posición donde tiene que estar la tarea. Para saber en que dirección tiene que estar la tarea (o sea dónde va a estar el perro), la función toma la posición 0x500000 (posición donde se encuentra el mapa) y le suma el valor X y el valor Y de la cucha del perro y mapea 0X401000 con la dirección obtenida. De esta manera el kernel sabe donde deben estar los perros y finalmente se puede copiar la tarea a la dirección 0X401000, la cual va a estar mapeada correctamente al lugar donde hay que poner a los nuevos perros/tareas.

5. Ejercicio 5:

5.1. Introducción:

En este ejercicio nos encargaremos del manejo de las interrupciones del reloj, teclado y otra interrupción de software 0x46. Se pide:

- Completar las entradas necesarias en la *IDT*.
- Escribir la rutina asociada a la interrupción de reloj, de manera que por cada tick, se muestre la animación de un cursor rotando
- Escribir la rutina asociada a la interrupción de teclado, para aquellas teclas a utilizar en el juego, para que se imprima la misma en la pantalla
- Escribir la rutina asociada a la interrupción de software 0x46 para que modifique el valor de *eax* por 0x42

5.2. Ítem a): Completar la *IDT*

Comenzamos agregando las interrupciones a la *IDT*. Utilizamos para el reloj y el teclado las posiciones 32 y 33 respectivamente, pues son las primeras disponibles no utilizadas por el procesador. Para la interrupción por software, utilizamos la posición 70, pues esta se llamará al llamar a `int 0x46 = 70`. Las declaramos con privilegio 0, pues son de sistema y no se quiere que algo externo al sistema los controle.

Para esto utilizamos la macro anteriormente explicada, con los siguientes parámetros:

```
IDT_ENTRY(32, 0);
IDT_ENTRY(33, 0);
IDT_ENTRY(70, 0);
```

Además, las definimos en *isr.h*, para luego escribir su rutina.

```
void _isr32();
void _isr33();
void _isr70();
```

5.3. Ítem b): Rutina del reloj

El código es el siguiente:

```
global _isr32
_isr32:

    pushad
    call fin_intr_pic1
    call game_atender_tick
    call screen_actualizar_reloj_global
    popad
    iret
```

Cada vez que se llame, la interrupción hará lo siguiente. Pusheara todos los registros de proposito general (lo cual en realidad no es necesario, dado que la interrupción no los modifica). Llamara a la función *fin_intr_pic1* para decir al pic que la interrupción fue atendida. Luego llamara a las funciones *game_atender_tick* y *screen_actualizar_reloj_global* para mostrar la animacion por pantalla. Luego popeara los registros y volvera de la interrupción con la instruccion *iret*

5.4. Ítem c): Rutina del teclado

El código es el siguiente:

```
global _isr33
_isr33:
    pushad
    call fin_intr_pic1
    in al, 0x60
    push eax
    call imprim
    add esp, 4
    popad
    iret
```

Igual que la interrupción anterior, comienza pusheando todos los registros. En este caso, es necesario preservar *eax*, pues lo modificamos. Nuevamente llamamos a *fin_intr_pic1*. Luego utilizamos la operacion *in*, para mover al registro al el Leemos del teclado a traves del puerto 0x60 y obtenemos el scan code en *eax*. Pusheamos este valor y llamamos a la función *imprim* creada por nosotros. Esta función se encarga de traducir el scan code en una letra (en caso de que sea válido) y luego llama a la función *print* para mostrarlo por pantalla. Finalmente restauramos la pila, popeamos los registros y volvemos de la interrupción.

5.5. Ítem d): Rutina 0x46

El código es el siguiente:

```
global _isr70
_isr70:
    mov eax, 0x46
    iret
```

Lo único que hace esta interrupción es modificar el registro *eax*. Por lo tanto no es necesario salvar los registros. Esta interrupción sera modificada mas adelante

6. Ejercicio 6:

6.1. Introducción:

En este ejercicio trabajaremos con todo lo relacionado a la *TSS*, realizaremos los siguientes ítems:

- a) Definir las entradas en la GDT que considere necesarias para ser usadas como descriptores de *TSS*.
- b) Completar la entrada de la *TSS* de la tarea Idle con la información de la tarea Idle. La tarea Idle se encuentra en la dirección 0x00016000. La pila se alojará en la misma dirección que la pila del kernel y debe compartir el mismo CR3 que el kernel.
- c) Construir una función que complete una *TSS* libre con los datos correspondientes. El código de las tareas se encuentra a partir de la dirección 0x00010000. Para la dirección de la pila se debe utilizar el mismo espacio de la tarea, la misma crecerá desde la base de la tarea. Para el mapa de memoria se debe construir uno nuevo utilizando la función *mmu_inicializar_dir_perro*. Además, tener en cuenta que cada tarea utilizará una pila distinta de nivel 0.
- d) Completar la entrada de la GDT correspondiente a la tarea_inicial.
- e) Completar la entrada de la GDT correspondiente a la tarea Idle.
- f) Escribir el código necesario para ejecutar la tarea Idle, es decir, saltar intercambiando las *TSS*, entre la tarea_inicial y la tarea Idle.
- g) Modificar la rutina de la interrupción 0x46, para que implemente los servicios según se indica en la sección 4.4, sin desalojar a la tarea que realiza el syscall.
- h) Ejecutar una tarea perro manualmente. Es decir, crearla y saltar a la entrada en la gdt de su respectiva *TSS*.

7. Ejercicio 7:

7.1. Introducción:

En este ejercicio realizaremos el *scheduler*.

- a) Construir una función para inicializar las estructuras de datos del *scheduler*.
- b) Crear la función *sched_proxima_a_ejecutar()* que devuelve el índice de la próxima tarea a ser ejecutada.
- c) Crear una función *sched_atender_tick()* que llame a *game_atender_tick()* pasando el número de tarea actual y luego devuelva el índice en la gdt al cual se deberá saltar. Reemplazar el llamado a *game_atender_tick* por uno a *sched_atender_tick* en el handler de la interrupción de reloj.
- d) Modificar la rutina de la interrupción 0x46, para que implemente los servicios según se indica en la sección 4.4.13
- e) Modificar el código necesario para que se realice el intercambio de tareas por cada ciclo de reloj. El intercambio se realizará a según indique la función *sched_proxima_a_ejecutar()*.
- f) Modificar las rutinas de excepciones del procesador para que desalojen a la tarea que estaba corriendo y corran la próxima.
- g) Implementar el mecanismo de debugging explicado en la sección 4.8 que indicará en pantalla la razón del desalojo de una tarea.