Práctica 1: Entorno de desarrollo GNU

Gustavo Romero López

20 de septiembre de 2017

Arquitectura y Tecnología de Computadores

Índice

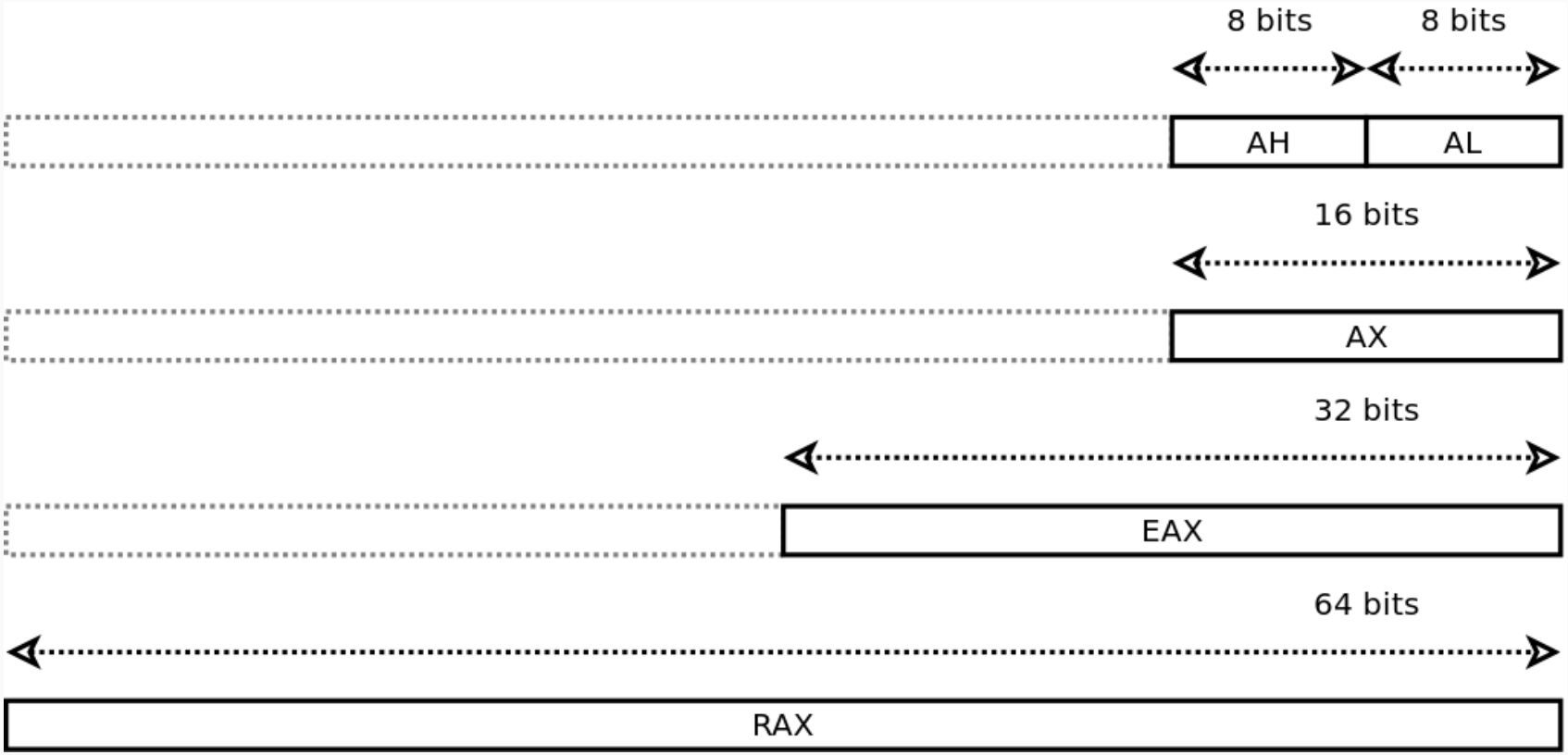
Objetivos

- Programar en ensamblador.
- Linux es tu amigo: si no sabes algo pregunta (**man**).
- Hoy estudiaremos varias cosas:
  - Esqueleto de un programa básico en ensamblador.
  - Como aprender de un maestro: **gcc**.
  - Herramientas del entorno de programación:
    - **make**: hará el trabajo sucio y rutinario por nosotros.
    - **as**: el ensamblador.
    - **ld**: el enlazador.
    - **gcc**: el compilador.
    - **nm**: lista los símbolos de un fichero.
    - **objdump**: el desensamblador.
    - **gdb** y **ddd** (gdb con cirugía estética): los depuradores.

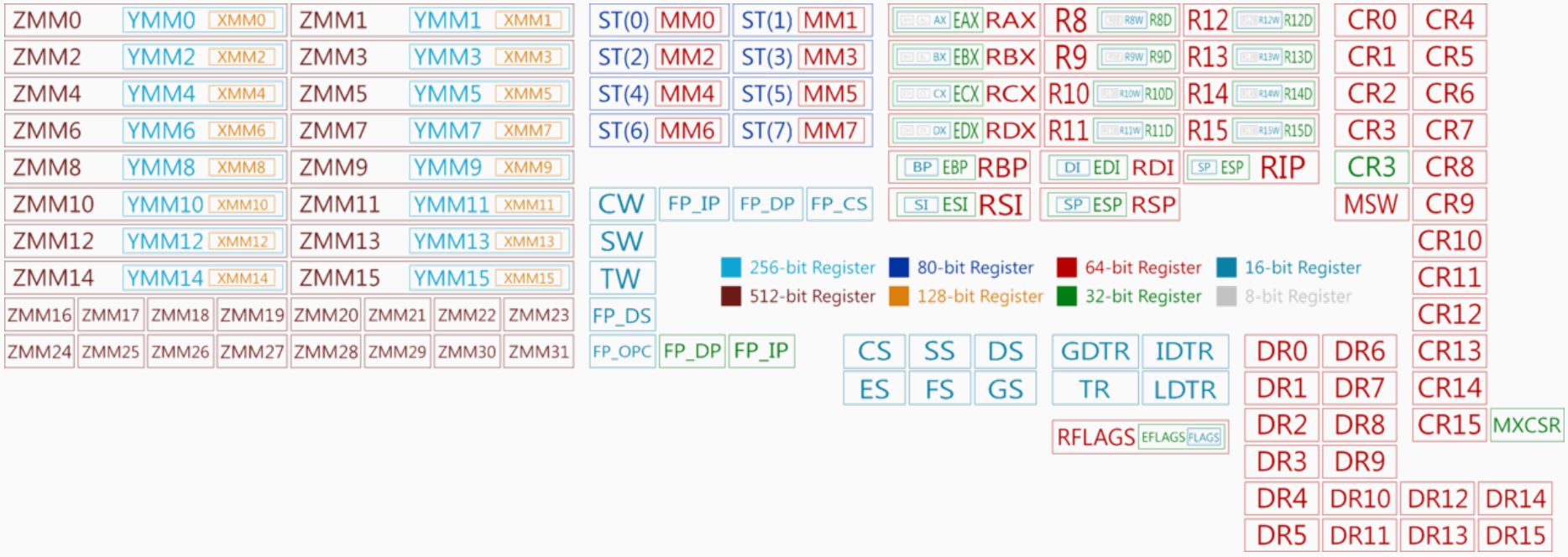
Ensamblador 80x86

- Los **80x86** son una familia de procesadores.
- Junto con los procesadores tipo **ARM** son los más utilizados.
- En estas prácticas vamos a centrarnos en su **lenguaje ensamblador** (inglés).
- El lenguaje ensamblador es el más básico, tras el binario, con el que podemos escribir programas utilizando las **instrucciones** que entiende el procesador.
- Cualquier estructura de un lenguaje de alto nivel pueden conseguirse mediante instrucciones sencillas.
- Normalmente es utilizado para poder acceder partes que los lenguajes de alto nivel nos ocultan o hacen de forma que no nos interesa.

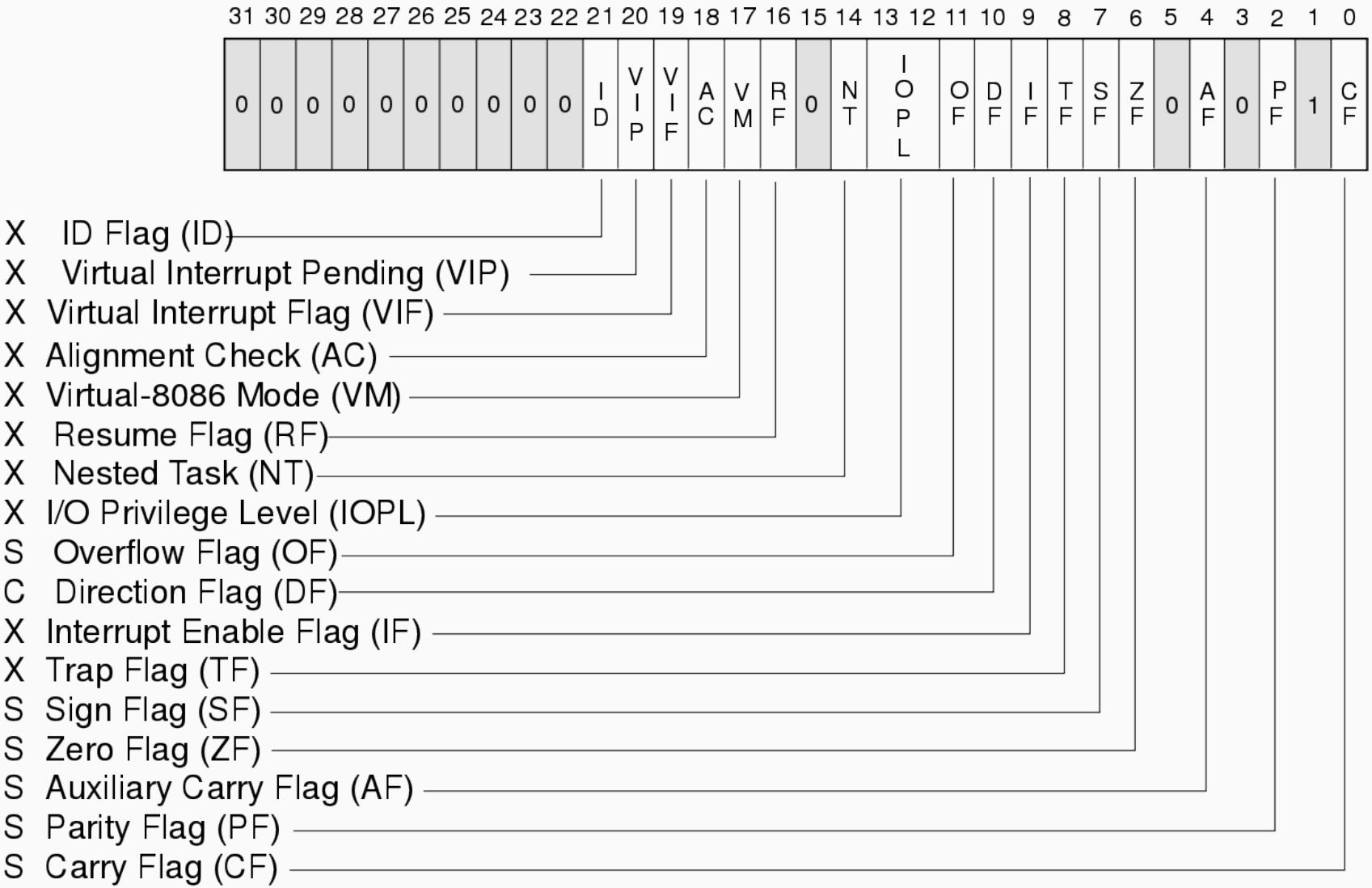
Arquitectura 80x86: el registro A



Arquitectura 80x86: registros completos



Arquitectura 80x86: banderas



Programa mínimo en C

minimo1.c

```
int main() {}
```

minimo2.c

```
int main() { return 0; }
```

minimo3.c

```
#include <stdlib.h>
int main() { exit(0); }
```

Trasteando el programa mínimo en C

- Compilar: `gcc minimo1.c -o minimo1`
- ¿Qué he hecho? `file ./minimo1`
- ¿Qué contiene? `nm ./minimo1`
- Ejecutar: `./minimo1`
- Desensamblar: `objdump -d minimo1`
- Ver llamadas al sistema: `strace ./minimo1`
- Ver llamadas de biblioteca: `ltrace ./minimo1`
- ¿Qué bibliotecas usa? `ldd minimo1`

```
linux-vdso.so.1 (0x00007ffe2ddbc000)
libc.so.6 => /lib64/libc.so.6 (0x00007fbc5043a000)
/lib64/ld-linux-x86-64.so.2 (0x0000558dbe5aa000)
```

- Examinar biblioteca: `objdump -d /lib64/libc.so.6`

Ensamblador desde 0: secciones básicas de un programa

```
1  .data                    # datos
2
3  .text                    # código
```

Ensamblador desde 0: punto de entrada

```
1  .text                          # código
2          .globl _start          # empezar aquí
```

Ensamblador desde 0: datos

```
1  .data                          # datos
2  msg:     .string "¡hola, mundo!\n"
3  tam:     .int . - msg
```

Ensamblador desde 0: código

```
1  write:   movl   $4, %eax      # write
2           movl   $1, %ebx      # salida estándar
3           movl   $msg, %ecx    # cadena
4           movl   tam, %edx     # longitud
5           int    $0x80         # llamada a write
6           ret                  # retorno
7
8  exit:    movl   $1, %eax      # exit
9           xorl   %ebx, %ebx    # 0
10          int    $0x80         # llamada a exit
```

Ensamblador desde 0: ejemplo básico hola.s

```
1  .data                       # datos
2  msg:    .string "¡hola, mundo!\n"
3  tam:    .int . - msg
4
5  .text                       # código
6          .globl _start       # empezar aquí
7
8  write:  movl  $4, %eax      # write
9          movl  $1, %ebx      # salida estándar
10         movl  $msg, %ecx    # cadena
11         movl  tam, %edx     # longitud
12         int   $0x80         # llamada a write
13         ret                 # retorno
14
15 exit:   movl  $1, %eax      # exit
16         xorl  %ebx, %ebx    # 0
17         int   $0x80         # llamada a exit
18
19 _start:
20         call  write         # llamada a función
21         call  exit          # llamada a función
```

¿Cómo hacer ejecutable mi programa?

¿Cómo hacer ejecutable el código anterior?

- opción a: ensamblar + enlazar
  - `as hola.s -o hola.o`
  - `ld hola.o -o hola`
- opción b: compilar = ensamblar + enlazar
  - `gcc -nostdlib hola.s -o hola`
- opción c: que lo haga alguien por mi $\longrightarrow$ `make`
  - `makefile`: fichero con definiciones, objetivos y recetas.

Ejercicios:

1. Cree un ejecutable a partir de hola.s.
2. Use `file` para ver el tipo de cada fichero.
3. Descargue el fichero `makefile`, pruébelo e intente hacer alguna modificación.
4. Examine el código ensamblador con `objdump -d hola`.

makefile http://pccito.ugr.es/~gustavo/ec/practicas/1/makefile

```
SRC = $(wildcard *.c *.cc)
```

```
CFLAGS = -g -std=c11 -Wall
CXXFLAGS = $(CFLAGS:c11=c++11)
```

```
%: %.o
	$(LD) $(LDFLAGS) $< -o $@

%: %.s
	$(CC) $(CFLAGS) -nostartfiles $< -o $@

%: %.c
	$(CC) $(CFLAGS) $< -o $@

%: %.cc
	$(CXX) $(CXXFLAGS) $< -o $@
```

Ejemplo en C++: hola-c++.cc

```
1  #include <iostream>
2
3  int main()
4  {
5      std::cout << "¡hola, mundo!"
6                << std::endl;
7  }
```

- ¿Qué hace gcc con mi programa?
- La única forma de saberlo es desensamblarlo:
  - Sintaxis AT&T: `objdump -C -d hola-c++`
  - Sintaxis Intel: `objdump -C -d hola-c++ -M intel`

Ejercicios:

5. ¿Qué hace ahora diferente la función `main()` respecto a C?

Depuración: hola32.s

ejemplo de 32 bits

```
1  write:   movl   $4, %eax      # write
2           movl   $1, %ebx      # salida estándar
3           movl   $msg, %ecx    # cadena
4           movl   tam, %edx     # longitud
5           int    $0x80         # llamada a write
6           ret                  # retorno
7
8  exit:    movl   $1, %eax      # exit
9           xorl   %ebx, %ebx    # 0
10          int    $0x80         # llamada a exit
```

Ejercicios:

6. Descargue hola32.s. Ejecute el programa instrucción por instrucción con el ddd hasta comprender como funciona.
7. Si quiere aprender un poco más estudie hola32p.s. Sobre el mismo podemos destacar: código de 32 bits, uso de "*little endian*", llamada a subrutina, uso de la pila y codificación de caracteres.

Depuración: hola64.s

ejemplo de 64 bits

```
1  write:  mov   $1, %rax     # write
2          mov   $1, %rdi     # stdout
3          mov   $msg, %rsi   # texto
4          mov   tam,  %rdx   # tamaño
5          syscall           # llamada a write
6          ret
7
8  exit:   mov   $60,  %rax   # exit
9          xor   %rdi, %rdi   # 0
10         syscall           # llamada a exit
11         ret
```

Ejercicios:

8. Descargue hola64.s. Ejecute el programa instrucción por instrucción con el ddd hasta comprender como funciona.
9. Compare hola64.s con hola64p.s. Sobre este podemos destacar: código de 64 bits, llamada a subrutina, uso de la pila y codificación de caracteres.

- ¿Sabes C? $\Longleftrightarrow$ ¿Has usado la función `printf()`?

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int i = 12345;
    printf("i=%d\n", i);
    return 0;
}
```

```c
#include <stdio.h>

int i = 12345;
char *formato = "i=%d\n";

int main()
{
    printf(formato, i);
    return 0;
}
```

Ejercicios:

10. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian printf-c-1.c y printf-c-2.c? `nm`, `objdump` y `kdiff3` serán muy útiles...

Mezclando lenguajes: ensamblador y C (32 bits) printf32.s

```
1  .data
2  i:      .int 12345          # variable entera
3  f:      .string "i = %d\n" # cadena de formato
4
5  .text
6          .extern printf      # printf en otro sitio
7          .globl _start       # función principal
8
9  _start: push (i)            # apila i
10         push $f             # apila f
11         call printf         # llamada a printf
12         add  $8, %esp       # restaura pila
13
14         movl  $1, %eax     # exit
15         xorl  %ebx, %ebx   # 0
16         int   $0x80        # llamada a exit
```

Ejercicios:

11. Descargue y compile `printf32.s`.
12. Modifique `printf32.s` para que finalice mediante la función `exit()` de C (`man 3 exit`). Solución: `printf32e.s`.

Mezclando lenguajes: ensamblador y C (64 bits) printf64.s

```
1  .data
2  i:      .int 12345          # variable entera
3  f:      .string "i = %d\n" # cadena de formato
4
5  .text
6          .globl _start
7
8  _start: mov $f, %rdi        # formato
9          mov (i), %rsi       # i
10         xor %rax, %rax      # null
11         call  printf        # llamada a función
12
13         xor %rdi, %rdi      # valor de retorno
14         call exit           # llamada a función
```

Ejercicios:

13. Descargue y compile `printf64.s`.
14. Busque las diferencias entre `printf32.s` y `printf64.s`.

Optimización: sum.cc

```
1  int main()
2  {
3    int sum = 0;
4
5    for (int i = 0; i < 10; ++i)
6      sum += i;
7
8    return sum;
9  }
```

Ejercicios:

15. ¿Cómo implementa gcc los bucles `for`?
16. Observe el código de la función `main()` al compilarlo...
    - sin optimización: `g++ -O0 sum.cc -o sum`
    - con optimización: `g++ -O3 sum.cc -o sum`

Optimización: función `main()` de sum.cc

sin optimización (gcc -O0)

```
4005b6: 55                          push   %rbp
4005b7: 48 89 e5                    mov    %rsp,%rbp
4005ba: c7 45 fc 00 00 00 00        movl   $0x0,-0x4(%rbp)
4005c1: c7 45 f8 00 00 00 00        movl   $0x0,-0x8(%rbp)
4005c8: eb 0a                       jmp    4005d4 <main+0x1e>
4005ca: 8b 45 f8                    mov    -0x8(%rbp),%eax
4005cd: 01 45 fc                    add    %eax,-0x4(%rbp)
4005d0: 83 45 f8 01                 addl   $0x1,-0x8(%rbp)
4005d4: 83 7d f8 09                 cmpl   $0x9,-0x8(%rbp)
4005d8: 7e f0                       jle    4005ca <main+0x14>
4005da: 8b 45 fc                    mov    -0x4(%rbp),%eax
4005dd: 5d                          pop    %rbp
4005de: c3                          retq
```

con optimización (gcc -O3)

```
4004c0: b8 2d 00 00 00              mov    $0x2d,%eax
4004c5: c3                          retq
```

Enlaces de interés

Manuales:

- Hardware:
  - AMD
  - Intel
- Software:
  - AS
  - NASM

Programación:

- Programming from the ground up
- Linux Assembly

Chuletas:

- Chuleta del 8086
- Chuleta del GDB