1. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Aprender a utilizar los compiladores de ensamblador para arquitecturas Intel bajo el sistema operativo Linux (compiladores “NASM” y “GAS”).

- Saber integrar código ensamblador dentro de archivos fuente escritos en C o C++ (compiladores “GCC” e “ICC”).

- Conocer las instrucciones orientadas al procesamiento multimedia que Intel ha ido agregando a su arquitectura en sucesivas entregas (MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSE4...).

- Valorar y comparar las mejoras que supone la paralelización de operaciones aritméticas (tanto en punto fijo como en punto flotante) presentes en algoritmos de procesamiento multimedia, frente a la implementación de esos mismos algoritmos con técnicas estrictamente secuenciales.

2. HARDWARE Y SOFTWARE NECESARIO

2.1 - HARDWARE NECESARIO

- Máquinas con CPU's Intel Pentium 4 o superiores (Intel Core Duo, Intel Core 2 Duo, Intel Quad Core, etc).

2.2 - SOFTWARE NECESARIO

- Sistema Operativo: Linux (distribuciones probadas en el laboratorio: Ubuntu y Fedora.

- Compiladores ICC (/opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/icc -para código C- y /opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/icpc -para código C++). Son gratuitos; pueden descargarse desde http://software.intel.com/en-us/articles/non-commercial-software-download/#compilers.

2. HARDWARE Y SOFTWARE NECESARIO

SOFTWARE NECESARIO (continuación)

- Compiladores de ensamblador Intel bajo Linux:
  - GAS (GNU Assembler): Es "/usr/bin/as" y, al igual que GCC, suele formar parte de cualquier distribución de Linux.
  - NASM (Netwide Assember): Es "/usr/bin/nasm". Si no está preinstalado **(1)**, instalar el correspondiente paquete **(2)**.

(1)

```
[root@localhost ~]$ rpm -q nasm
nasm-0.98.39-5.fc7
```

(2)

```
[root@localhost ~]$ yum install nasm
```

3. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON NASM

3.1 - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE NASM

- Utiliza una sintaxis similar a la del "Macro Assembler" (MASM) del DOS.

- Estructura del código fuente de un programa: Sección ".data" (constantes), sección ".bss" (variables) y sección ".text" (código).

- Operaciones de E/S: Realizables a través de llamadas al sistema operativo, con la interrupción software 80h (equivalente a la 21h del DOS). *En esta práctica no será necesario su uso* (si hay operaciones de E/S, éstas se implementarán en código C y no en ensamblador, que quedará reservado sólo para el uso de las instrucciones que formen parte de las extensiones multimedia que sea preciso utilizar).

- Edición del código fuente: Con el "vi" o con cualquier otro editor de texto.

3. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON NASM

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE NASM (continuación)

- Archivos intervinientes: <Fuente>.asm, <Objeto>.o y <Ejecutable>
- Compilación y lincaje:
  - Compilación (generación del fichero objeto):

    ```
    nasm -f elf <nombre>.asm
    ```

  - Lincaje (generación del fichero ejecutable):

    ```
    ld -o <nombre> <nombre>.o
    ```

- Más información: Archivo "asm-linux.pdf", en http://webs.um.es/einiesta/miwiki/doku.php?id=docencia

3. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON NASM

3.2 - PROGRAMA DE EJEMPLO EN NASM

- Código fuente ("hola.asm"):

```
section .data
    mensaje  db "hola mundo",0xA
    longitud equ $ - mensaje

section .text
    global _start    ; definimos el punto de entrada.
_start:
    mov edx,longitud ; EDX=longitud de la cadena.
    mov ecx,mensaje  ; ECX=cadena a imprimir.
    mov ebx,1        ; EBX=manejador del fichero (STDOUT)
    mov eax,4        ; EAX=función sys_write() del kernel.
    int 0x80         ; interrupción software 80h (llamada al kernel).
    mov ebx,0        ; EBX=código de salida al SO ($?).
    mov eax,1        ; EAX=función sys_exit() del kernel.
    int 0x80         ; interrupción software 80h (llamada al kernel).
```

3. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON NASM

PROGRAMA DE EJEMPLO EN NASM (continuación)

- Compilación, lincaje y ejecución:

```
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 529 mar  4 20:47 hola.asm
[einiesta@localhost holamundo]$ nasm -f elf hola.asm
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 24
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 529 mar  4 20:47 hola.asm
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 736 mar  8 20:38 hola.o
[einiesta@localhost holamundo]$ ld -o hola hola.o
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 32
-rwxrwxr-x 1 einiesta einiesta 440 mar  8 20:38 hola
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 529 mar  4 20:47 hola.asm
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 736 mar  8 20:38 hola.o
[einiesta@localhost holamundo]$ ./hola
hola mundo
```

4. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON GAS

4.1 - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE GAS

- Utiliza una sintaxis propia, diferente de la utilizada por NASM (linux) y MASM (dos).
- Es el ensamblador estándar de Linux, y el que utilizaremos en las prácticas cuando incluyamos llamadas a extensiones multimedia en nuestro código C o C++.
- Estructura del código fuente de un programa: Similar a NASM, es decir, con sección ".data" (constantes), sección ".bss" (variables) y sección ".text" (código).
- Operaciones de E/S: Como en el caso de NASM, realizables a través de llamadas al sistema, con la interrupción software 80h.
- Edición del código fuente: Con el "vi" o con cualquier otro editor de texto.

4. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON GAS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE GAS (continuación)

- Archivos intervinientes: <Fuente>.s, <Objeto>.o y <Ejecutable>
- Compilación y lincaje:
  - Compilación (generación del fichero objeto):

    ```
    as -o <nombre>.o <nombre>.s
    ```

  - Lincaje (generación del fichero ejecutable):

    ```
    ld -o <nombre> <nombre>.o
    ```

- Más información: Archivo "asm-linux.pdf", en http://webs.um.es/einiesta/miwiki/doku.php?id=docencia

4. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON GAS

4.2 - PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE LA SINTAXIS GAS Y LA SINTAXIS NASM

- A los nombres de los registros se les añade el prefijo "%" (ejemplos: `%eax, %ebx, %ecx, %edx, %edi, %esi`, etc).

- El operando destino se coloca a la derecha, y el operando fuente a la izquierda (ejemplo: lo que en NASM es un "`mov ebx, eax`", en GAS es un "`movl %eax, %ebx`").

- El tamaño del resultado se establece explícitamente en las instrucciones "mov", utilizando los sufijos "b", "w" o "l" para, respectivamente, los tamaños "byte", "word" o "long word" (ejemplos: "`movw %bx,%ax`", "`movl (%ebx),%eax`").

- Los valores inmediatos han de ir precedidos por el carácter "$" (ejemplo: "`movl $0xf02, %ebx`).

- Otros matices ("`[.section]`" por "`section`", "`.globl`" por "`global`", "`ascii`" por "`db`", etc).

4. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON GAS

4.3 - PROGRAMA DE EJEMPLO EN GAS

- Código fuente ("hola.s"):

```
.section .data
    mensaje: .ascii "hola mundo \n"
    longitud = . - mensaje

.section .text
    .globl _start
_start: movl $longitud,%edx   # EDX=longitud de la cadena.
    movl $mensaje,%ecx        # ECX=cadena a imprimir.
    movl $1,%ebx              # EBX=manejador del fichero (STDOUT).
    movl $4,%eax              # EAX=función sys_write() del kernel.
    int $0x80                 # Interrupción software 80h (llamada al kernel).
    movl $0,%ebx              # EBX=código de salida al SO ($?).
    movl $1,%eax              # EAX=función sys_exit() del kernel.
    int $0x80                 # Interrupción software 80h (llamada al kernel).
```

4. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON GAS

PROGRAMA DE EJEMPLO EN GAS (continuación)

- Compilación, lincaje y ejecución:

```
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 8
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 522 mar  8 22:17 hola.s
[einiesta@localhost holamundo]$ as -o hola.o hola.s
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 616 mar  8 22:18 hola.o
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 522 mar  8 22:17 hola.s
[einiesta@localhost holamundo]$ ld -o hola hola.o
[einiesta@localhost holamundo]$ ls -l
total 24
-rwxrwxr-x 1 einiesta einiesta 637 mar  8 22:18 hola
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 616 mar  8 22:18 hola.o
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 522 mar  8 22:17 hola.s
[einiesta@localhost holamundo]$ ./hola
hola mundo
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.1 - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE ICC

- ICC, o "Intel C++", es un grupo de dos compiladores creados por Intel, el "icc" y el "icpc", que permiten, respectivamente, la implementación de aplicaciones utilizando los lenguajes C y C++.

- Es de libre distribución, y dispone de versiones para Windows y Linux, y también para diversas variantes de la arquitectura Intel (CPU's de 32 y 64 bits).

- La sintaxis de los dos compiladores (línea de comandos) es muy similar a la de los respectivos compiladores homólogos de GCC ("gcc" y "g++").

- Permiten la integración de código de GAS ("ensamblador en línea").

- Posibilitan el uso de extensiones multimedia (mediante ensamblador GAS en línea, mediante librerías en C o a través de clases de C++).

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.2 - INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

- La descarga de la instalación se lleva a cabo desde http://software.intel.com/en-us/articles/non-commercial-software-download/#compilers. Hay que tener especial cuidado en elegir la versión apropiada del ICC. A fecha de Marzo de 2010, esta versión sería la siguiente: "*Intel C++ Compiler Professional Edition 11.1 for Linux*"; en cuanto a la arquitectura, si no se está seguro, elegir la versión de 32 bits, que es compatible con todo tipo de máquinas (aunque del Intel Core 2 Duo en adelante se podría elegir también la versión de 64 bits).

- Para instalar ICC, síganse las instrucciones correspondientes que se incluyen en el paquete de instalación. Resultado de la instalación (respetando las opciones propuestas por el asistente de instalación):

  - Directorio base de instalación: `/opt/intel`.
  - Ubicación de los compiladores: `/opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/icc` (compilador de C), y `/opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/icpc` (compilador de C++).
  - Ubicación del depurador: `/opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/idb`

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA (continuación)

- Una vez terminada la instalación, hay que proceder a realizar una "postinstalación":
  - Asegurarse de que al inicio de cada sesión se ejecuta el siguiente script. En caso necesario, actualizar ".bashrc" **(3)**.

    `/opt/intel/Compiler/<version>/bin/ia32/iccvars_ia32.sh`

  - Comprobar que la variable de entorno "LD_LIBRARY_PATH" está instanciada con la ruta de las librerías que utiliza ICC (`/opt/intel/Compiler/<versión>/lib/ia32`).

(3)

```
source /opt/intel/Compiler/<version>/bin/ia32/iccvars_ia32.sh
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.3 - COMPILACIÓN CON ICC

- Archivos intervinientes: <Fuente>.c y <Ejecutable>.
- Compilación: `icc <nombre>.c -o nombre`

IMPORTANTE:

Si algún fichero fuente incluye extensiones multimedia, puede ser necesario (aunque no siempre) obligar al compilador a que adapte el código máquina generado a la arquitectura Intel concreta en la que dicho código va a ejecutarse. Para ello, hay que utilizar el argumento "-ax" seguido de una letra que identifica la arquitectura. Por ejemplo, para compilar un programa en C con extensiones multimedia que vaya a ejecutarse sobre un Intel Core 2 Duo, habría que escribir:

```
icc -axT <nombre>.c -o nombre.
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

COMPILACIÓN CON ICC (continuación)

Valores posibles de "-ax<Arquitectura>":

- -axT: Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad.
- -axP: Intel Core Duo.
- -axW: Intel Pentium IV.
- -axK: Intel Pentium III.

- Más información:
  - Archivo "resumen_icc.pdf", en http://webs.um.es/einiesta/miwiki/doku.php?id=docencia
  - Páginas del manual: `man icc`, o `konqueror man:icc`.

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.4 - COMPILACIÓN CON ICPC

- Archivos intervinientes: <Fuente>.cpp y <Ejecutable>.
- Compilación: `icpc <nombre>.cpp -o nombre`

IMPORTANTE:

Si algún fichero fuente incluye extensiones multimedia, puede ser necesario (aunque no siempre) obligar al compilador a que adapte el código máquina generado a la arquitectura Intel concreta en la que dicho código va a ejecutarse. Para ello, hay que utilizar el argumento "-ax" seguido de una letra que identifica la arquitectura. Por ejemplo, para compilar un programa en C++ con extensiones multimedia que vaya a ejecutarse sobre un Intel Core 2 Duo, habría que escribir:

```
icpc -axT <nombre>.c -o nombre.
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

COMPILACIÓN CON ICPC (continuación)

Valores posibles de "-ax<Arquitectura>":

- -axT: Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad.
- -axP: Intel Core Duo.
- -axW: Intel Pentium IV.
- -axK: Intel Pentium III.

- Más información:
  - Archivo "resumen_icpc.pdf", en http://webs.um.es/einiesta/miwiki/doku.php?id=docencia
  - Páginas del manual: `man icpc`, o `konqueror man:icpc`.

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.5 - DEPURACIÓN DEL CÓDIGO

- Se emplea el programa depurador "idb" (`/opt/intel/Compiler/<versión>/bin/ia32/idb`), adjuntándole como argumento el fichero ejecutable a depurar. Condición previa para la depuración: Utilizar el argumento "-g", tanto en "icc" como en "icpc". Ejemplo:

```
[einiesta@localhost ejicc]$ ls -l
total 8
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta 406 mar  9 12:47 suma.c
[einiesta@localhost ejicc]$ icc -g suma.c -o suma
[einiesta@localhost ejicc]$ ls -l
total 20
-rwxrwxr-x 1 einiesta einiesta 6720 mar  9 13:03 suma
-rw-rw-r-- 1 einiesta einiesta  406 mar  9 12:47 suma.c
[einiesta@localhost ejicc]$ idb ./suma
Intel(R) Debugger for applications running on IA-32, Version 10.0-29 , Build 20070405
------------------
object file name: ./suma
Reading symbols from /home/einiesta/am_0708/prac_0708/ejicc/suma...done.
(idb)
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

DEPURACIÓN DEL CÓDIGO (continuación)

- Comandos interactivos de "idb":
  - r [<argumentos>]: Inicia la ejecución del programa.
  - b [<fich>]:<nlinea>: Detiene la ejecución en la línea <nlinea> (punto de ruptura).
  - b <función>: Detiene la ejecución en la primera línea de <función> (punto de ruptura).
  - info b: Muestra todos los puntos de ruptura.
  - delete b: Elimina todos los puntos de ruptura.
  - delete b <npr>: Elimina el punto de ruptura número <npr>.
  - c: Continúa una ejecución previamente detenida hasta el siguiente punto de ruptura, si lo hay, o hasta el final del programa, si no lo hay.
  - p <variable>: Muestra el valor de la variable <variable>.
  - p $<registro>: Muestra el valor del registro <registro> (ejemplo: `print $xmm0`).
  - n: Ejecuta la línea siguiente, y si esa línea corresponde a una función, ejecuta la función completa.
  - s: Ejecuta la línea siguiente, y si esa línea corresponde a una función, entra dentro de la función y se detiene en la primera de sus líneas.
  - backtrace: Muestra la pila de llamadas a funciones.

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.6 - EJEMPLO DE DEPURACIÓN

```
 1   #include <stdio.h>
 2
 3   int calcular_suma(int sumando_1,int sumando_2);
 4
 5   int main()
 6   {
 7     int a,b,s;
 8     printf("Introduzca sumando 1: ");scanf("%d",&a);
 9     printf("Introduzca sumando 2: ");scanf("%d",&b);
10     s=calcular_suma(a,b);
11     printf("Resultado de la suma: %d\n",s);
12     return(0);
13   }
14
15   int calcular_suma(int sumando_1,int sumando_2)
16   {
17     int resultado;
18     resultado=sumando_1+sumando_2;
19     return resultado;
20   }
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

EJEMPLO DE DEPURACIÓN (continuación)

```
[einiesta@localhost ejicc]$ idb ./suma
Intel(R) Debugger for applications running on IA-32, Version 10.0-29 , Build 20070405
------------------
object file name: ./suma
Reading symbols from /home/einiesta/am_0708/prac_0708/ejicc/suma...done.
(idb) b 9
Breakpoint 1 at 0x804843c: file suma.c, line 9.
(idb) b calcular_suma
Breakpoint 2 at 0x80484a6: file suma.c, line 18.
(idb) r
Starting program: /home/einiesta/am_0708/prac_0708/ejicc/suma
Introduzca sumando 1: 5
Breakpoint 1, main () at suma.c:9
9         printf("Introduzca sumando 2: ");scanf("%d",&b);
(idb) p a
$1 = 5
(idb) p b
$2 = 13672436
(idb) n
```

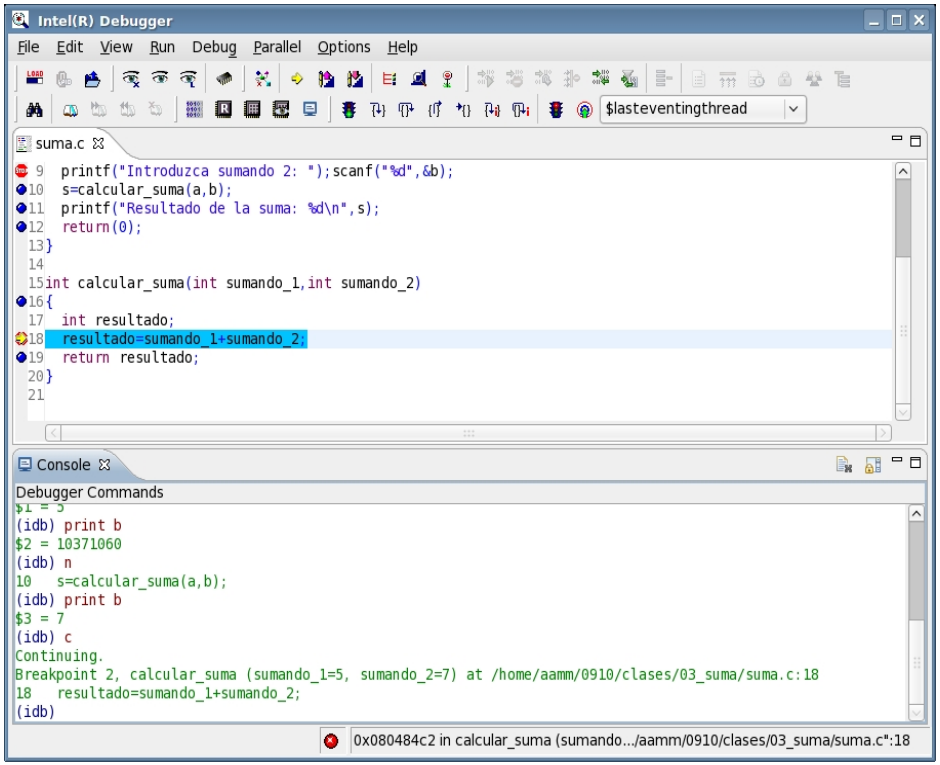
5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

EJEMPLO DE DEPURACIÓN (continuación)

```
Introduzca sumando 2: 7
10          s=calcular_suma(a,b);
(idb) print b
$3 = 7
(idb) c
Continuing.
Breakpoint 2, calcular_suma (sumando_1=5, sumando_2=7) at suma.c:18
18          resultado=sumando_1+sumando_2;
(idb) print resultado
$4 = 2198688
(idb) n
19          return resultado;
(idb) print resultado
$5 = 12
(idb) backtrace
#0  0x080484af in calcular_suma (sumando_1=5, sumando_2=7) at suma.c:19
#1  0x08048478 in main () at suma.c:10
(idb) c
Continuing.
Resultado de la suma: 12
Program exited normally.
```

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

EJEMPLO DE DEPURACIÓN (interfaz gráfica)



5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.7 - DEPURACIÓN "POSTMORTEM"

- Cuando en un programa se produzca una excepción de origen "desconocido", podemos, con "idb", resituar la ejecución justo en el instante anterior a la excepción, lo que nos permitirá, entre otras cosas, consultar el valor de las variables y determinar el contexto exacto bajo el que se ha producido el fallo. Pasos:

  - Forzar en las sesiones actuales la posibilidad de generar ficheros core de tamaño ilimitado: `ulimit -c unlimited` (recomendación: incluir esta orden en `$HOME/.bashrc`).
  - Compilar los fuentes con la opción "-g" (opción de depuración convencional).
  - Después del error, ejecutar "idb" pasándole como argumento el fichero core recién generado: `idb <programa> --core=<fichero_core>`

- La compilación definitiva del programa, una vez depurado, no debe llevarse a cabo con "-g" (ejecución mucho menos eficiente).

5. PRIMERA TOMA DE CONTACTO CON ICC

5.8 - ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA

- Con "gprof" (`/usr/bin/gprof`) es posible conocer el desglose de tiempos consumidos por cada una de las funciones (o métodos) de un programa. Para ello, hay que seguir los pasos siguientes:

  - Compilar con la opción "-pg": `icc -pg -o <nombre_ejecutable> <nombre_fuente>.c`
  - Ejecutar el programa (se generará un fichero llamado "`gmon.out`").
  - Ejecutar `gprof ./<nombre_ejecutable>`
  - De la salida que produce la orden anterior, prestar especial atención a los campos "name" y "% time" (nombre de función y porcentaje de tiempo consumido).

- La compilación definitiva del programa, una vez depurado, no debe llevarse a cabo con "-pg" (aunque nos sirva para obtener tiempos relativos de funciones, resulta algo menos eficiente).

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

6.1 - INTEGRACIÓN DE CÓDIGO ENSAMBLADOR GAS EN PROGRAMAS DE C/C++

- El código en ensamblador debe ir dispuesto del siguiente modo:

```
int main() {
  ...
  __asm__ volatile (
    <CÓDIGO GAS>
    <SECCIÓN E/S>
  );
  ...
}
```

- <CÓDIGO GAS>: Cada línea debe corresponderse con una instrucción del ensamblador GAS. Además, la línea debe ir entrecomillada y ha de terminar en "\n\t". Ejemplo:

```
"addl %%ebx, %%eax\n\t"
```

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

INTEGRACIÓN DE CÓDIGO ENSAMBLADOR GAS EN PROGRAMAS DE C/C++ (continuación)

- <SECCION E/S>: Se compone de tres partes,

  · :<salidas> Variables del fuente C/C++ cuyo valor va a ser alterado por el código ensamblador. Cada variable irá encerrada por "()", y precedida de "=<origen>", donde <origen> será (entre otras posibilidades) una "m" si la variable procede de memoria, y una "g" si procede de memoria, de un registro de la CPU o es un literal. Si hay más de una variable de salida, hay que emplear una "," para separar cada bloque de variable. Ejemplo ("resultado" es una variable declarada en C, fuera del bloque GAS):

```
: "=m" (resultado)
```

  · :<entradas> Variables del fuente C/C++ cuyo valor va a ser leido dentro del código ensamblador. Cada variable irá encerrada por "()", y precedida de "<origen>", donde <origen> será (entre otras posibilidades) una "m" si la variable procede de memoria, y una "g" si procede de memoria, de un registro de la CPU o es un literal. Si hay más de una variable de entrada, hay que emplear una "," para separar cada bloque de variable. Ejemplo ("sumando_1" y "sumando_2" son variables declarada en C):

```
: "m" (sumando_1), "m" (sumando_2)
```

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

INTEGRACIÓN DE CÓDIGO ENSAMBLADOR GAS EN PROGRAMAS DE C/C++ (continuación)

- <rec_pres> Conjunto de recursos preservados (memoria, registros...) que, después del bloque GAS, deben conservar el mismo valor que tenían antes de dicho bloque. Notación: “memory” (memoria), “<registro>” (registro de la CPU), “cc” (registro de estado). IMPORTANTE: Las variables de salida son “inmunes”, es decir, NUNCA se preservan (de lo contrario, nunca obtendríamos una salida).

  Ejemplo (forzar a que la memoria y los registros “eax” y “ebx” recuperen su valor anterior después de un bloque GAS):

```
: "memory", "%eax", "%ebx"
```

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

INTEGRACIÓN DE CÓDIGO ENSAMBLADOR GAS EN PROGRAMAS DE C/C++ (continuación)

- Otras consideraciones:
  - Los registros siempre van precedidos de "%%". Ejemplo: %%eax, %%edi, %%xmm0, etc.
  - Si una variable de salida, en lugar de ir con "=", va con "+", se convierte en variable de entrada/salida.
  - Las variables de entrada y las variables de salida son referenciadas dentro del bloque GAS mediante %0, %1, %2..., donde %0 es la primera variable de salida, %1 es la segunda variable de salida, y así hasta llegar a la última variable de salida, %n. A partir de ahí, %n+1 será la primera variable de entrada, %n+2 la segunda, etc.
- Más información:Archivo "asm-gcc-linea.pdf", en http://webs.um.es/einiesta/miwiki/doku.php?id=docencia

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

6.2 - EJEMPLO: PROGRAMA "suma_inline" (código fuente)

```
#include <stdio.h>
int calcular_suma(int sumando_1,int sumando_2);

int main()
{
  int a,b,s;
  printf("Introduzca sumando 1: ");scanf("%d",&a);
  printf("Introduzca sumando 2: ");scanf("%d",&b);
  s=calcular_suma(a,b);
  printf("Resultado de la suma: %d\n",s);
        return(0);
}
int calcular_suma(int sumando_1,int sumando_2)
{
  int resultado;
  __asm__ volatile (
    "movl %1, %%eax\n\t"
    "movl %2, %%ebx\n\t"
    "addl %%ebx, %%eax\n\t"
    "movl %%eax,%0\n\t"
    : "=m" (resultado)
    : "m" (sumando_1), "m" (sumando_2)
    : "memory", "%eax", "%ebx"
  );
  return resultado;
}
```

6. ENSAMBLADOR EN LÍNEA DENTRO DE CÓDIGO C/C++

EJEMPLO: PROGRAMA "suma_inline" (compilación, ejecución y depuración)

```
[einiesta@localhost prog_suma]$ icc -g suma_inline.c -o suma_inline
[einiesta@localhost prog_suma]$ ./suma_inline
Introduzca sumando 1: 7
Introduzca sumando 2: 4
Resultado de la suma: 11
[einiesta@localhost prog_suma]$ idb ./suma_inline
Intel(R) Debugger for applications running on IA-32, Version 10.0-29 , Build 20070405
object file name: ./suma_inline
Reading symbols from /home/einiesta/am_0708/prac_0708/ejinline/prog_suma/suma_inline...done.
(idb) b calcular_suma
Breakpoint 1 at 0x80484a6: file suma_inline.c, line 19.
(idb) r
Starting program: /home/einiesta/am_0708/prac_0708/ejinline/prog_suma/suma_inline
Introduzca sumando 1: 7
Introduzca sumando 2: 4
Breakpoint 1, calcular_suma (sumando_1=7, sumando_2=4) at suma_inline.c:19
19        __asm__ volatile (
(idb) print $ebx
$1 = 13672436
(idb) n
30        return resultado;
(idb) print $ebx
$2 = 4
(idb) c
Continuing.
Resultado de la suma: 11
```

7. EJEMPLO BÁSICO DE USO DE EXTENSIONES MULTIMEDIA

7.1 - CÓDIGO FUENTE DE "sumasse" (SUMA DE DOS VECTORES CON SSE)

```
/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 floats cada uno (1 float = 32 bits,
IEEE 754 de simple precisión), utilizando extensiones SSE. */

#include <stdio.h>
#include <xmmintrin.h>

// Suma de dos vectores utilizando SSE.
// - Parámetros de entrada: 2 vectores de 4 floats, en formato empaquetado (128 bits).
// - Parámetros de salida: El vector de los 4 floats resultado, en formato empaquetado (128 bits).
__m128 sumar_vectores(__m128 v01, __m128 v02);

// Función principal.

int main(void)
{
// Declaramos punteros a las áreas de memoria en donde se alojarán los vectores
// operandos (v01 y v02) y el vector resultado (v03).
float *v01, *v02, *v03;
// Buffers para guardar los operandos y el resultado en formato empaquetado.
__m128 buf_v01, buf_v02, buf_v03;
```

7. EJEMPLO BÁSICO DE USO DE EXTENSIONES MULTIMEDIA

CÓDIGO FUENTE DE "sumasee" (continuación)

```
// Reserva de la memoria necesaria para las áreas v01, v02 y v03.
// Importante: El valor "16" con el que es instanciado el segundo parámetro
// de "_mm_malloc" nos asegura que cada área de memoria reservada empieza en
// una dirección que sea múltiplo de 16 bytes. Ello optimiza el acceso
// a la memoria, ya que los accesos a memoria realizados por instrucciones
// SSE son accesos alineados a 16 bytes.
v01 = (float *) _mm_malloc(4*sizeof(float),16);
v02 = (float *) _mm_malloc(4*sizeof(float),16);
v03 = (float *) _mm_malloc(4*sizeof(float),16);

// Inicialización de sumandos.
v01[0]=1;v01[1]=2;v01[2]=3;v01[3]=4;
v02[0]=5;v02[1]=6;v02[2]=7;v02[3]=8;

// Introducción de los sumandos en los buffers (la instrucción SSE que
// utilizaremos a continuación, "addps", exige que los operandos estén
// en estructuras "__m128").
buf_v01=_mm_set_ps(v01[3],v01[2],v01[1],v01[0]);
buf_v02=_mm_set_ps(v02[3],v02[2],v02[1],v02[0]);
```

7. EJEMPLO BÁSICO DE USO DE EXTENSIONES MULTIMEDIA

CÓDIGO FUENTE DE "sumasee" (continuación)

```
// Suma de los vectores.
buf_v03=sumar_vectores(buf_v01,buf_v02);

// Desempaquetamiento del resultado.
_mm_store_ps(v03,buf_v03);

// Exhibición de resultados.
printf("%f %f %f %f\n",v03[0],v03[1],v03[2],v03[3]);

// Liberación de la memoria previamente reservada.
_mm_free(v01);
_mm_free(v02);
_mm_free(v03);
return 0;
}
```

7. EJEMPLO BÁSICO DE USO DE EXTENSIONES MULTIMEDIA

CÓDIGO FUENTE DE "sumasee" (continuación)

```
// Suma de dos vectores utilizando SSE.
// - Parámetros de entrada: 2 vectores de 4 floats,
// en formato empaquetado (128 bits).
// - Parámetros de salida: El vector de los 4 floats
// resultado, en formato empaquetado (128 bits).

__m128 sumar_vectores(__m128 v01, __m128 v02)
{
__m128 resultado=_mm_set_ps(0,0,0,0); // Inicializamos a 0 el resultado.
// Código inline: Suma vectorial mediante la instrucción SSE "addps"
__asm__ volatile (
"movaps %1,%%xmm0\n\t" // xmm0 = v01
"movaps %2,%%xmm1\n\t" // xmm1 = v02
"addps %%xmm1,%%xmm0\n\t" // xmm0 = xmm0 + xmm1
"movaps %%xmm0,%0\n\t" // resultado = xmm0
: "=m" (resultado)
: "m" (v01), "m" (v02)
: "memory"
);
return resultado;
}
```

7. EJEMPLO BÁSICO DE USO DE EXTENSIONES MULTIMEDIA

7.2 - EJECUCIÓN DE "sumasee"

```
[aamm@localhost 07_sumasse]$ ls -l
total 4
-rw-rw-r-- 1 aamm aamm 2907 mar 14 14:58 sumasse.c
[aamm@localhost 07_sumasse]$ icc -o sumasse sumasse.c
[aamm@localhost 07_sumasse]$ ls -l
total 28
-rwxrwxr-x 1 aamm aamm 20885 mar 14 14:58 sumasse
-rw-rw-r-- 1 aamm aamm  2907 mar 14 14:58 sumasse.c
[aamm@localhost 07_sumasse]$ ./sumasse
6.000000 8.000000 10.000000 12.000000
```

8. USO DE LAS EXTENSIONES MULTIMEDIA DESDE GCC

8.1 – COMPILACIÓN DE FUENTES CON GCC

- El conjunto de compiladores GCC ("Global Compiler Collection") constituyen un estándar de desarrollo dentro de la programación bajo Linux (de hecho, suelen venir incorporados en todas las distribuciones).

- De entre todos los compiladores de GCC ("gcc" para C, "g++" para C++, "gcj" para Java, etc) dos de ellos, el "gcc" y el "g++", pueden representar una alternativa al "Intel icc" y al "Intel icpc", respectivamente (SI BIEN EN ESTAS PRÁCTICAS SE USARÁ, EN TODO MOMENTO, INTEL C++).

- Los ficheros de cabecera necesarios para compilar con "gcc" o "g++" fuentes que hagan uso de extensiones multimedia (`mmintrin.h`, `xmmintrin.h`, `emmintrin.h`, etc) se denominan igual que sus homólogos de Intel C++. En el caso de GCC, dichos ficheros de cabecera están (para un Fedora 8) en `/usr/lib/gcc/i386-redhat-linux/4.1.2/include`.

- Los mismos fuentes que hayan sido compilados con Intel C++ pueden ser recompilados, sin alterarlos, con GCC (comprobado con la versión 4.1.2 de gcc).

8. USO DE LAS EXTENSIONES MULTIMEDIA DESDE GCC

COMPILACIÓN DE FUENTES CON GCC (continuación)

- La compilación con "gcc" (C) o "g++" (C++), cuando el código fuente incluya extensiones multimedia, requiere la participación de un parámetro adicional que establezca cuáles son exactamente las extensiones que se quieren utilizar:

  - -mmmx: Extensiones MMX.
  - -msse: Extensiones SSE.
  - -msse2: Extensiones SSE2.
  - -msse3: Extensiones SSE3.
  - Etc (ver hoja del manual de "gcc" o "g++").

8. USO DE LAS EXTENSIONES MULTIMEDIA DESDE GCC

8.2 – EJEMPLO DE COMPILACIÓN CON GCC (código fuente sumasse.c, ver apartado anterior)

```
[aamm@localhost 08_sumasse_gcc]$ ls ../07_sumasse/*.c
../07_sumasse/sumasse.c
[aamm@localhost 08_sumasse_gcc]$ gcc -msse -o sumasse_gcc ../07_sumasse/sumasse.c
[aamm@localhost 08_sumasse_gcc]$ ls
sumasse_gcc
[aamm@localhost 08_sumasse_gcc]$ ./sumasse_gcc
6.000000 8.000000 10.000000 12.000000
[aamm@localhost 08_sumasse_gcc]$ gcc --version
gcc (GCC) 4.1.2 20070925 (Red Hat 4.1.2-33)
Copyright (C) 2006 Free Software Foundation, Inc.
Esto es software libre; vea el código para las condiciones de copia.  NO hay
garantía; ni siquiera para MERCANTIBILIDAD o IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO EN
PARTICULAR
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

9.1 - MODOS DE PROGRAMACIÓN CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

- Método 1: Utilizando directamente el ensamblador en línea de GAS (integrado en los fuentes C/C++).

- Método 2: Recurriendo a las funciones "intrínsecas" incluidas en las librerías del Intel C++. Los ficheros de cabecera en donde se definen estas intrínsecas están en "`/opt/intel/Compiler/<version>/include`", y son: "`mmintrin.h`", "`xmmintrin.h`", "`emmintrin.h`" y "`pmmintrin.h`". Con este método se pueden utilizar, indistintamente, el compilador "icc" o el "icpc" (fuentes ".c" y ".cpp", respectivamente).

- Método 3: Apoyándose en las clases C++ incluidas en las librerías del Intel C++. Los ficheros de cabecera asociados se encuentran en "`/opt/intel/Compiler/<version>/include`", y son: "`ivec.h`", "`fvec.h`" y "`dvec.h`". Con este método sólo se puede usar el compilador "icpc" (se programa con clases C++).

  Desde el punto de vista de la eficiencia, los tres métodos son equivalentes. El primer método sirve para conocer mejor las instrucciones MMX, SSE, SSE2 y SSE3. El segundo y tercer métodos, una vez conocidas esas instrucciones, facilitan la tarea de programación, al no ser ya necesario recurrir a código en ensamblador.

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

9.2 - INSTRUCCIONES MMX

- Contexto: A partir del Pentium MMX (año 1997). Registros MM0...MM7, de 64 bits. Sólo permiten operaciones con enteros, en grupos empaquetados de 8, 16 o 32 bits. Las extensiones MMX, aparte de sus propios registros, también utilizan registros de la Unidad de Punto Flotante Escalar (FPU); por ello, cuando las hayamos utilizado es conveniente reiniciar dichos registros FPU con la instrucción "emms".

- 57 instrucciones: "paddb", "paddw", "paddd", "psubb", etc (casi todas empiezan por "p").

- Programación con intrínsecas: Las declaraciones están en "mmintrin.h"; las implementaciones están en los archivos ".a" y ".so" de "`/opt/intel/Compiler/<versión>/lib/ia32`" (ver LD_LIBRARY_PATH).

- Programación con clases C++: Las declaraciones de las clases están en "ivec.h"; las implementaciones de los métodos de esas clases se apoyan en llamadas a las intrínsecas de "mmintrin.h". Algunas clases disponibles:

  - Is8vec8, Iu8vec8: Para operar con 8 grupos de enteros de 8 bits, con signo y sin signo, respectivamente.
  - Is16vec4, Iu16vec4: Para operar con 4 grupos de enteros de 16 bits, con signo y sin signo, respectivamente.
  - Is32vec2, Iu32vec2: Para operar con 2 grupos de enteros de 32 bits, con signo y sin signo, respectivamente.

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <mmintrin.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 enteros sin signo. Cada entero es un valor almacenable en 2 bytes.
   La suma se realizará con extensiones MMX invocadas desde intrínsecas. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  short int v01[4]={1,2,3,4}, v02[4]={5,6,7,8};
  short int vsuma[4];
  // Empaquetamiento de los operandos.
  __m64 buf_v01=_mm_set_pi16(v01[3],v01[2],v01[1],v01[0]); // Sufijo "pi16" = "packed
  __m64 buf_v02=_mm_set_pi16(v02[3],v02[2],v02[1],v02[0]); // integer 16 bits".
  __m64 buf_vsuma;
  // Suma vectorial.
  buf_vsuma=_m_paddw(buf_v01,buf_v02); // Ejecución "encubierta" de "paddw".
  // Extracción de resultados.
  vsuma[0]=_m_to_int(_m_pand(buf_vsuma,_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));               // "_m_to_int" espera
  vsuma[1]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(buf_vsuma,16),_mm_set_pi16(0,0,0,65535))); // encontrar un único
  vsuma[2]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(buf_vsuma,32),_mm_set_pi16(0,0,0,65535))); // operando empaquetado.
  vsuma[3]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(buf_vsuma,48),_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));
  // Instrucción EMMS: "reset" de los registros de la FPU (prevenir futuros errores en operaciones escalares).
  _m_empty();
  printf("Resultado: %d %d %d %d\n",vsuma[0],vsuma[1],vsuma[2],vsuma[3]);
  return 0; }
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <ivec.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 enteros sin signo. Cada entero es un valor almacenable en 2 bytes.
   La suma se realizará con extensiones MMX invocadas desde clases C++. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  Iu16vec4 v01=Iu16vec4(4,3,2,1);
  Iu16vec4 v02=Iu16vec4(8,7,6,5);
  Iu16vec4 vsuma;
  // Variable para la extracción del resultado.
  short int vsuma_no_packed[4];

  // Suma vectorial.
  vsuma=v01+v02; // Ejecución "encubierta" de "paddw".

  // Extracción de resultados.
  vsuma_no_packed[0]=_m_to_int(_m_pand(vsuma,_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));
  vsuma_no_packed[1]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(vsuma,16),_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));
  vsuma_no_packed[2]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(vsuma,32),_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));
  vsuma_no_packed[3]=_m_to_int(_m_pand(_m_psrlqi(vsuma,48),_mm_set_pi16(0,0,0,65535)));
  printf("Resultado: %d %d %d %d\n",vsuma[0],vsuma[1],vsuma[2],vsuma[3]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

9.3 - INSTRUCCIONES SSE

- Contexto: A partir del Pentium III (año 1999). Registros XMM0...XMM7, de 128 bits. Sólo permiten operaciones con valores en punto flotante de simple precisión (IEEE754), en 4 grupos empaquetados de 32 bits. El almacenamiento en memoria de estos valores debe hacerse respetando un alineamiento de 16 bytes.

- 70 instrucciones: “addps”, “subps”, “mulps”, “divps”, “movaps”, etc.

- Programación con intrínsecas: Las declaraciones están en “xmmintrin.h”; las implementaciones están en los archivos “.a” y “.so” de “`/opt/intel/Compiler/<versión>/lib/ia32`” (ver LD_LIBRARY_PATH).

- Programación con clases C++: Las declaraciones de las clases están en “fvec.h”; las implementaciones de los métodos de esas clases se apoyan en llamadas a las intrínsecas de “xmmintrin.h”. La clase de “fvec.h” más importante es “F32vec4”, diseñada para realizar operaciones aritméticas y lógicas simultáneas entre 4 grupos de valores en punto flotante representados en simple precisión (32 bits).

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <xmmintrin.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 float. Cada float es un valor almacenable en 4 bytes (IEEE 754
   simple precisión). La suma se realizará con extensiones SSE invocadas desde intrínsecas. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  float v01[4]={1.1,2.2,3.3,4.4};
  float v02[4]={5.5,6.6,7.7,8.8};
  float vsuma[4];

  // Empaquetamiento de los operandos.
  __m128 buf_v01=_mm_set_ps(v01[3],v01[2],v01[1],v01[0]); // Sufijo "ps" = "packed single".
  __m128 buf_v02=_mm_set_ps(v02[3],v02[2],v02[1],v02[0]);
  __m128 buf_vsuma;

  // Suma vectorial.
  buf_vsuma=_mm_add_ps(buf_v01,buf_v02); // Ejecución "encubierta" de "addps".

  // Extracción de resultados.
  _mm_store_ps(vsuma,buf_vsuma);
  printf("Resultado: %f %f %f %f\n",vsuma[0],vsuma[1],vsuma[2],vsuma[3]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <fvec.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 float. Cada float es un valor almacenable en 4 bytes (IEEE 754
   simple precisión). La suma se realizará con extensiones SSE invocadas desde clases C++. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  F32vec4 v01, v02, vsuma;
  v01=F32vec4(4.4,3.3,2.2,1.1);
  v02=F32vec4(8.8,7.7,6.6,5.5);

  // Variable para la extracción del resultado.
  float vsuma_no_packed[4];

  // Suma vectorial.
  vsuma=v01+v02;

  // Extracción de resultados.
  _mm_store_ps(vsuma_no_packed,vsuma);
  printf("Resultado: %f %f %f %f\n",vsuma_no_packed[0],vsuma_no_packed[1],
         vsuma_no_packed[2],vsuma_no_packed[3]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

9.4 - INSTRUCCIONES SSE2

- Contexto: A partir del Pentium 4 (año 2000). Registros XMM0...XMM7, de 128 bits (idénticos a los de SSE). Permiten operaciones con valores en punto flotante de doble precisión (IEEE 754), siendo los operandos grupos de 2 "doubles" (64 bits cada uno). SSE2 también aporta instrucciones para números enteros; posibilidades: operandos formados por 16 grupos de 8 bits, o formados por 8 grupos de 16 bits, o por 4 grupos de 32 bits. El almacenamiento en memoria de estos valores debe hacerse respetando un alineamiento de 16 bytes (igual que en SSE).

- 144 instrucciones: a) Operaciones entre valores en punto flotante: "addpd", "subpd", "mulpd", "divpd", etc; b) Operaciones entre valores enteros: "addepi8", "addepi16", "addepi32", "subepi8", etc; c) Otras: "movapd"...

- Programación con intrínsecas: Las declaraciones están en "emmintrin.h"; las implementaciones están en los archivos ".a" y ".so" de "`/opt/intel/Compiler/<versión>/lib/ia32`" (ver variable de entorno LD_LIBRARY_PATH).

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

INSTRUCCIONES SSE2 (continuación)

- Programación con clases C++: Las declaraciones de las clases están en "dvec.h"; las implementaciones de los métodos de esas clases se apoyan en llamadas a las intrínsecas de "emmintrin.h". Algunas de las clases más importantes son:

  - Para operaciones entre valores en punto flotante: F64vec2.

  - Para operaciones entre valores enteros: Is8vec16, Iu8vec16, Is16vec8, Iu16vec8, Is32vec4, Iu32vec4.

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <emmintrin.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 2 componentes double. Cada double es un valor almacenable en 8 bytes
   (IEEE 754 doble precisión). La suma se realizará con extensiones SSE2 invocadas desde intrínsecas. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  double v01[2]={1.1,2.2};
  double v02[2]={3.3,4.4};
  double vsuma[2];

  // Empaquetamiento de los operandos.
  __m128d buf_v01=_mm_set_pd(v01[1],v01[0]); // Sufijo "pd" = "packed double".
  __m128d buf_v02=_mm_set_pd(v02[1],v02[0]);
  __m128d buf_vsuma;

  // Suma vectorial.
  buf_vsuma=_mm_add_pd(buf_v01,buf_v02); // Ejecución "encubierta" de "addpd".

  // Extracción de resultados.
  _mm_store_pd(vsuma,buf_vsuma);
  printf("Resultado: %f %f\n",vsuma[0],vsuma[1]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <dvec.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 2 componentes double. Cada double es un valor almacenable en 8 bytes
   (IEEE 754 doble precisión). La suma se realizará con extensiones SSE2 invocadas desde clases C++. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  F64vec2 v01, v02, vsuma;
  v01=F64vec2(2.2,1.1);
  v02=F64vec2(6.6,5.5);
  // Variable para la extracción del resultado.
  double vsuma_no_packed[2];

  // Suma vectorial.
  vsuma=v01+v02;

  // Extracción de resultados.
  _mm_store_pd(vsuma_no_packed,vsuma);
  printf("Resultado: %f %f\n",vsuma_no_packed[0],vsuma_no_packed[1]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <emmintrin.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 componentes enteros. Cada entero es un valor almacenable
   en 4 bytes (representación en complemento a 2; rango de representación: [-2147483648,2147483647]).
   La suma se realizará con extensiones SSE2 invocadas desde intrínsecas. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  int v01[4]={1000000000,1000000000,1000000000,-2000000000};
  int v02[4]={1,2,3,4};
  int vsuma[4];

  // Empaquetamiento de los operandos.
  __m128i buf_v01=_mm_set_epi32(v01[3],v01[2],v01[1],v01[0]);
  __m128i buf_v02=_mm_set_epi32(v02[3],v02[2],v02[1],v02[0]);
  __m128i buf_vsuma;

  // Suma vectorial.
  buf_vsuma=_mm_add_epi32(buf_v01,buf_v02); // Ejecución "encubierta" de "addepi32".
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
  // Extracción de resultados.
  // NOTA: De cada grupo de 32 bits hay que ir sacando la parte baja (los 16 bits menos
  // significativos) y la parte alta (los 16 bits más significativos), y multiplicar este
  // segundo valor por 2^16 (65536).
  vsuma[0]=_mm_extract_epi16(buf_vsuma,0)+65536*_mm_extract_epi16(buf_vsuma,1);
  vsuma[1]=_mm_extract_epi16(buf_vsuma,2)+65536*_mm_extract_epi16(buf_vsuma,3);
  vsuma[2]=_mm_extract_epi16(buf_vsuma,4)+65536*_mm_extract_epi16(buf_vsuma,5);
  vsuma[3]=_mm_extract_epi16(buf_vsuma,6)+65536*_mm_extract_epi16(buf_vsuma,7);

  printf("Resultado: %d %d %d %d\n",vsuma[0],vsuma[1],vsuma[2],vsuma[3]);
  return 0;
}
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

```
#include <stdio.h>
#include <dvec.h>

/* Ejemplo de suma de dos vectores de 4 componentes enteros. Cada entero es un valor almacenable en 4 bytes
   (representación en complemento a 2; rango de representación: [-2147483648,2147483647]).
   La suma se realizará con extensiones SSE2 invocadas desde clases C++. */

int main(void)
{
  // Declaración de los vectores sumandos, "v01" y "v02", y del vector resultado, "vsuma".
  Is32vec4 v01, v02, vsuma;
  int vsuma_no_packed[4];
  v01=Is32vec4(-2000000000,1000000000,1000000000,1000000000);
  v02=Is32vec4(4,3,2,1);

  // Suma vectorial.
  vsuma=v01+v02; // Ejecución "encubierta" de "addepi32".

  // Extracción de resultados.
  vsuma_no_packed[0]=_mm_extract_epi16(vsuma,0)+65536*_mm_extract_epi16(vsuma,1);
  vsuma_no_packed[1]=_mm_extract_epi16(vsuma,2)+65536*_mm_extract_epi16(vsuma,3);
  vsuma_no_packed[2]=_mm_extract_epi16(vsuma,4)+65536*_mm_extract_epi16(vsuma,5);
  vsuma_no_packed[3]=_mm_extract_epi16(vsuma,6)+65536*_mm_extract_epi16(vsuma,7);
  printf("Resultado: %d %d %d %d\n",vsuma_no_packed[0],vsuma_no_packed[1],
                                    vsuma_no_packed[2],vsuma_no_packed[3]);
  return 0; }
```

9. RECURSOS DEL INTEL C++ PARA PROGRAMAR CON EXTENSIONES MULTIMEDIA

9.5 - INSTRUCCIONES SSE3

- Contexto: A partir del Pentium 4 (año 2000). Registros XMM0...XMM7, de 128 bits (idénticos a los de SSE). Permiten operaciones con valores en punto flotante, tanto de simple como de doble precisión (grupos de 2 floats de 64 bits en el primer caso, y grupos de 4 floats de 32 bits en el segundo). El almacenamiento en memoria de estos valores debe hacerse respetando un alineamiento de 16 bytes (igual que en SSE).

- 13 instrucciones: Combinaciones de sumas y restas (“addsubpd”, “addsubps”), sumas y restas horizontales (“haddpd”, “hsubpd”, “haddps”, “hsubps”), etc.

- Programación con intrínsecas: Las declaraciones están en “pmmintrin.h”; las implementaciones están en los archivos “.a” y “.so” de “`/opt/intel/Compiler/<versión>/lib/ia32`” (ver variable de entorno LD_LIBRARY_PATH)..