Práctica 1: Introducción al entorno de desarrollo y la programación de sistemas

v1.0

1 Objetivos

- Familiarizarse con el entorno de desarrollo de aplicaciones C en GNU/Linux.
- Revisar los fundamentos de C
- Familiarizarse con el uso de la función `getopt()` para el tratamiento de opciones
- Conocer las funciones esenciales de procesamiento de cadenas de caracteres
- Familiarizarse con el manejo básico del shell e introducirse a su programación.

El archivo ficheros_p1.tar.gz contiene una serie de ficheros para la realización de algunos de los ejercicios de esta práctica.

2 Requisitos

Para poder realizar con éxito la práctica el alumno debe haber leído y comprendido los siguientes documentos facilitados por el profesor:

- Transparencias de clase de Introducción al entorno de desarrollo, que nos introduce al entorno GNU/Linux que utilizaremos en el laboratorio, y describe cómo trabajar con proyectos C con Makefile. Además contienen un repaso de los conocimientos de C necesarios para realizar con éxito las prácticas, haciendo especial hincapié en los errores que cometen habitualmente los estudiantes menos experimentados en el lenguaje C.
- Manual del laboratorio titulado Entorno de desarrollo C para GNU/Linux, que describe las herramientas que componen el entorno de desarrollo que vamos a utilizar, así como las funciones básicas de la biblioteca estándar de C que los alumnos deben conocer.
- Presentación "Introducción a Bash", que realiza una breve introducción al interprete de órdenes (shell) Bash.

3 Ejercicios

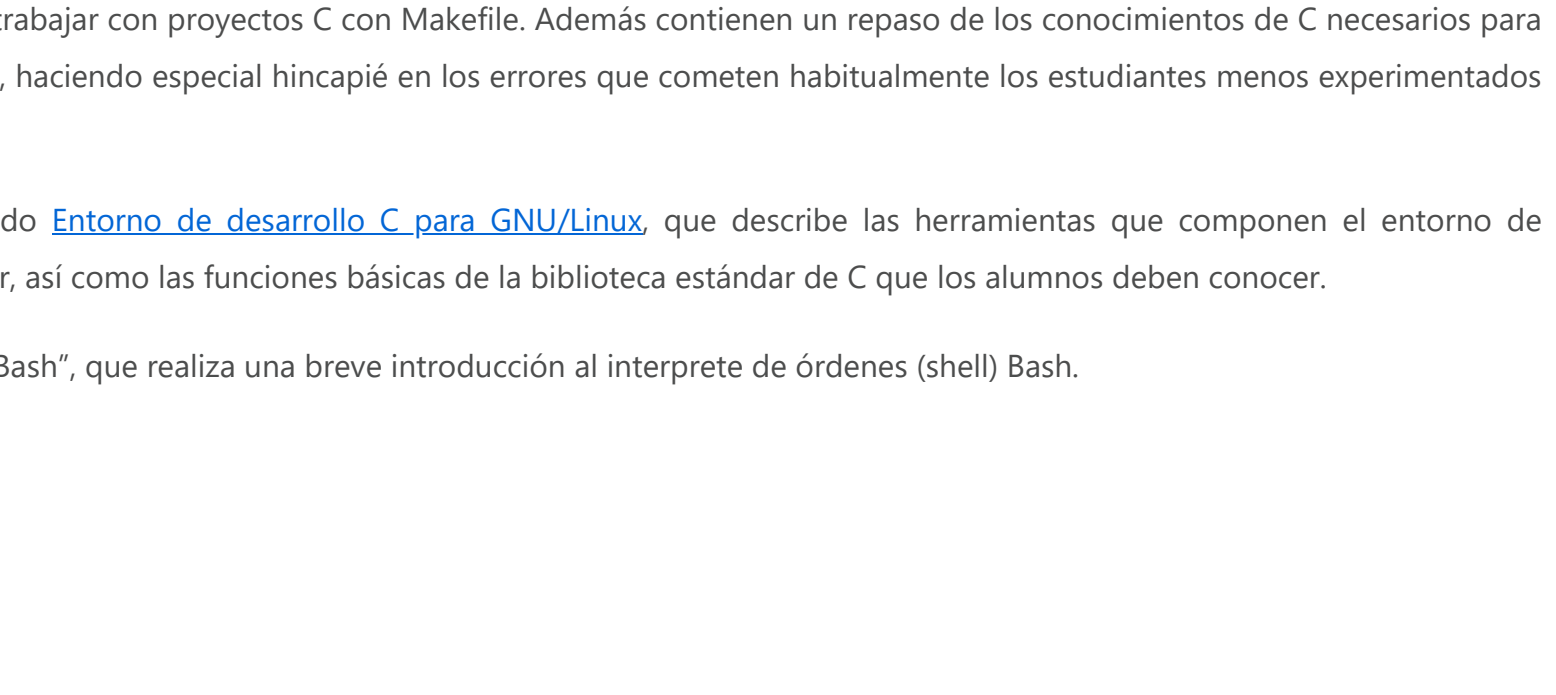
Ejercicio 1

En el directorio ejercicio1 de los ficheros para la práctica (ficheros_p1.tar.gz) hay una serie de subdirectorios con códigos de pequeños programas de C que pretenden poner de manifiesto algunos de los errores frecuentes que cometen los programadores con poca experiencia con C así como familiarizar al estudiante con las herramientas básicas de compilación que se usan en un entorno Linux.

Para cada directorio se proporciona una serie de tareas y preguntas que deberás responder, para las cuales tendrás que examinar y probar los ejemplos proporcionados. Consulta el manual del entorno para saber como utilizar el compilador. Puedes utilizar VSCode como editor.

1. Compilación

- Compila el código del ejercicio y ejecútalo
- Obtén la salida de la etapa de pre-procesado (opción -E o la opción `--save-temps` para obtener la salida de todas las etapas intermedias) y en un fichero *hello2.i*
- ¿Qué ha ocurrido con la "llamada a `min()` " en *hello2.i*?
- ¿Qué efecto ha tenido la directiva `#include <stdio.h>` ?



2. Herramienta make

- Examina el makefile, identifica las variables definidas, los objetivos (*targets*) y las regalas.
- Ejecuta `make` en la linea de comandos y comprueba las ordenes que ejecuta para construir el proyecto.
- Marca el fichero *aux.c* como modificado ejecutando touch *aux.c*. Después ejecuta de nuevo make. ¿Qué diferencia hay con la primera vez que lo ejecutaste? ¿Por qué?
- Ejecuta la orden make clean. ¿Qué ha sucedido? Observa que el objetivo `clean` está marcado como *phony* en la directiva `.PHONY: clean.` ¿por qué? Para comprobarlo puedes comentar dicha línea del makefile, compilar de nuevo haciendo `make` , y después crear un fichero en el mismo directorio que se llame clean, usando el comando touch clean. Ejecuta ahora `make clean` , ¿qué pasa?
- Comenta la línea `LIBS = -lm` poniendo delante una almoadilla (#). Vuelve a construir el proyecto ejecutando `make` (haz un *clean* antes si es necesario). ¿Qué sucede? ¿Qué etapa es la que da problemas?

3. Tamaño de variables

Compila y ejecuta el código de cada uno de los ejemplos proporcionados y responde a las preguntas proporcionadas para ellos.

- *main1.c*
  - ¿Por qué el primer `printf()` imprime valores distintos para 'a' con los modificadores `%d` y `%c` ?
  - ¿Cuánto ocupa un tipo de datos `char` ?
  - ¿Por qué el valor de 'a' cambia tanto al incrementarlo en 6? (la respuesta está relacionada con la cuestión anterior)
  - Si un "long" y un "double" ocupan lo mismo, ¿por qué hay 2 tipos de datos diferentes?
- *main2.c*
  - ¿Tenemos un problema de compilación o de ejecución?
  - ¿Por qué se da el problema?. Soluciónalo, compila y ejecuta de nuevo.
  - ¿Qué significa el modificar `"%lu"` en `printf()` ?
  - ¿A qué dirección apunta `"pc"` ? ¿Coincide con la de alguna variable anteriormente declarada? Si es así, ¿Coinciden los tamaños de ambas?
  - ¿Coincide el valor del tamaño de `array1` con el número de elementos del array? ¿Por qué?
  - ¿Coinciden las direcciones a la que apunta `str1` con la de `str2` ?
  - ¿Por qué los tamaños (según `sizeof()`) de `str1` y `str2` son diferentes?

4. Arrays

Compila y ejecuta el código de los ejemplos proporcionados y responde a las preguntas propuestas para cada uno de ellos.

- *array1.c*
  - ¿Por qué no es necesario escribir `"&list"` para obtener la dirección del array `list` ?
  - ¿Qué hay almacenado en la dirección de `list` ?
  - ¿Por qué es necesario pasar como argumento el tamaño del array en la función `init_array` ?
  - ¿Por qué el tamaño devuelto por `sizeof()` para el array de la función `init_array` no coincide con el declarado en `main()` ?
  - ¿Por qué NO es necesario pasar como argumento el tamaño del array en la función `init_array2` ?
  - ¿Coincide el tamaño devuelto por `sizeof()` para el array de la función `init_array2` con el declarado en `main()` ?
- *array2.c*
  - ¿La copia del array se realiza correctamente? ¿Por qué?
  - Si no es correcto, escribe un código que sí realice la copia correctamente.

5. Punteros

Compila y ejecuta el código de los ejemplos y responde a las cuestiones proporcionadas para cada uno de ellos.

- *punteros1.c*
  - ¿Qué operador utilizamos para declarar una variable como un puntero a otro tipo? *
  - ¿Qué operador utilizamos para obtener la dirección de una variable? &
  - ¿Qué operador se utiliza para acceder al contenido de la dirección "a la que apunta" un puntero? *
  - Hay un error en el código. ¿Se produce en compilación o en ejecución? ¿Por qué se produce?
- *punteros2.c*
  - ¿Cuántos bytes se reservan en memoria con la llamada a malloc()? 127 · 4 = 508 Bytes (↗ int)
  - ¿Cuál es la dirección del primer y último byte de dicha zona reservada?
  - ¿Por qué el contenido de la dirección apuntada por `ptr` es 7 y no 5 en el primer `printf()` ?
  - ¿Por qué se modfica el contenido de `ptr[1]` tras la sentencia `*ptr2=15;` ?
  - Indica dos modos diferentes de escribir el valor 13 en la dirección correspondiente a `ptr[100]` . *ptr[100] = 13 ; *(ptr+100)[0] = 13
  - Hay un error en el código. ¿Se manifiesta en compilación o en ejecución? Aunque no se manifieste, el error está. ¿Cuál es?
- *punteros3.c*
  - ¿Por qué cambia el valor de `ptr[13]` tras la asignación `ptr = &c;` ?
  - El código tiene (al menos) un error. ¿Se manifiesta en compilación o en ejecución? ¿Por qué?
  - ¿Qué ocurre con la zona reservada por `malloc()` tras a asignación `ptr = &c;` ? ¿Cómo se puede acceder a ella? ¿Cómo se puede liberar dicha zona?

6. Funciones

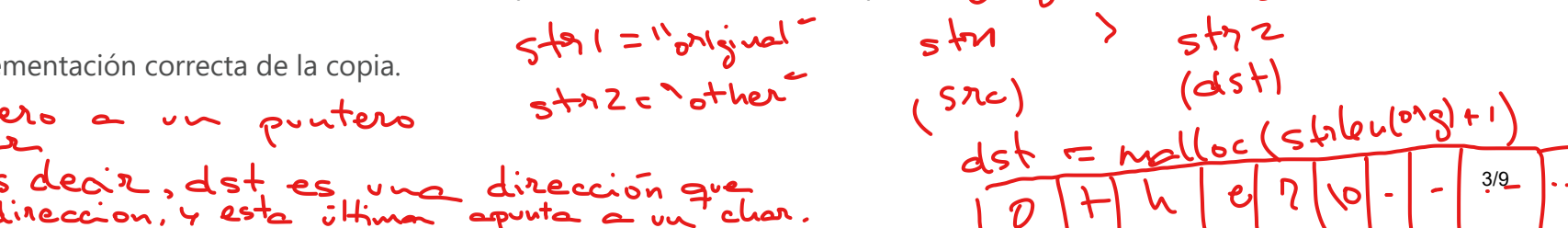
Compila y ejecuta el código de cada uno de los ejemplos proporcionados y responde a las cuestiones proporcionadas para cada uno de ellos.

- *arg1.c*
  - ¿Por qué el valor de `xc` no se modifica tras la llamada a `sumC` ? ¿Dónde se modifica esa información? (→ xc se pasa por valor)
  - Comenta las dos declaraciones adelantadas de `sum()` y `sumC()` . Compila de nuevo, ¿Qué ocurre?
- *arg2.c*
  - ¿Por qué cambia el valor de `y` tras la llamada a `sum()` ?
  - ¿Por qué en ocasiones se usa el operador '.' y en otras '->' para acceder a los campos de una estructura?
  - ¿Por qué el valor de `zc` pasa a ser incorrecto sin volver a usarlo en el código?
  - Corrije el código para evitar el error producido en `zc`

7. Cadenas de caracteres (strings)

Compila y ejecuta el código de cada uno de los ejemplos proporcionados y responde a las cuestiones proporcionadas para cada uno de ellos.

- *strings1.c*
  - El código contiene un error. ¿Se manifiesta en compilación o en ejecución? ¿Por qué se produce? Soluciona el error comentando la(s) línea(s) afectadas. Vuelve a compilar y ejecutar.
  - ¿En qué dirección está la letra `'B'` de la cadena `"Bonjour"` ? ¿Y la de la la letra `'j'` ? (B = 0x55aee3e92008 ; j = &B + 2·2 = 0x55aee3e9200B ; sizeof(char) ; 2 chars)
  - Tras la asignación `p=msg2;` , ¿cómo podemos recuperar la dirección de la cadena `"Bonjour"` ?
  - ¿Por qué la longitud de las cadenas `p` y `msg2` es 2 tras la línea 30? Se asignan 3 bytes a `'p'` que modifican a ambos, pero luego la longitud es sólo 2.
  - ¿Por qué `strlen()` devuelve un valor diferente a `sizeof()` ?
- *strings2.c*
  - El código de `copy` no funciona. ¿Por qué?
  - Usa ahora la función `copy2()` (descomenta la línea correspondiente). ¿Funciona la copia?
  - Propón una implementación correcta de la copia.



- ¿Qué hace la función `mod()` ? ¿Por qué funciona?

Ejercicio 2

El programa *primes* cuyo código fuente se muestra a continuación, ha sido desarrollado para calcular la suma de los *n* primeros números primos. Lamentablemente, el programador ha cometido algunos errores. Utilizando el depurador de C `gdb` el alumno debe encontrar y corregir los errores. Compilar directamente en línea de comandos: `gcc -g -w -o primes primes.c`

Para depurar tenemos que compilar el programa en modo depuración

```
gcc -g -Wall example.c -o example
```

Lanzar depurador:

```
gdb example
```

Para poner un breakpoint → `break numLínea`

Para correr el programa → `run <argumentos>`

Solo si el programa los necesita.

```c
/**
 *  This program calculates the sum of the first n prime
 *  numbers. Optionally, it allows the user to provide as argument the
 *  value of n, which is 10 by default.
 */
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>

/**
 * This function takes an array of integers and returns the sum of its n elements.
 */
int sum(int *arr, int n);

/**
 * This function fills an array with the first n prime numbers.
 */
void compute_primes(int* result, int n);

/**
 * This function returns 1 if the integer provided is a prime, 0 otherwise.
 */
int is_prime(int x);

int main(int argc, char **argv) {

  int n = 10; // by default the first 10 primes
  if(argc = 2) {
    atoi(argv[2]);
  }
  int* primes = (int*)malloc(n*sizeof(int));
  compute_primes(primes, n);

  int s = sum(primes, n);
  printf("The sum of the first %d primes is %d\n", n, s);

  free(primes);
  return 0;
}

int sum(int *arr, int n) {
  int i;
  int total;
  for(i=0; i<n; i++) {
    total =+ arr[i];
  }
  return total;
}

void compute_primes(int* result, int n) {
  int i = 0;
  int x = 2;
  while(i < n) {
    if(is_prime(x)) {
      result[i] = x;
      i++;
      x += 2;
    }
  }
  return;
}

int is_prime(int x) {
  if(x % 2 == 0) {
    return 0;
  }
  for(int i=3; i<x; i+=2) {
    if(x % i == 0) {
      return 0;
    }
  }
```

```
    return 1;
}
```

Ejercicio 3

En este ejercicio, trabajaremos el uso de `getopt()` una herramienta esencial para el procesado de opciones en línea de comando. El objetivo del ejercicio es completar el código del fichero `getopt.c` para que sea capaz de procesar las opciones `-e` y `-l` tal y como indica el uso del programa, que puede consultarse con la opción -h:

```
$ make
$ ./getopt -h
Usage: ./getopt [ options ] title

    options:
        -h: display this help message
        -e: print even numbers instead of odd  (default)
        -l length: length of the sequence to be printed
        title: name of the sequence to be printed
```

Una vez completado, el programa deberá imprimir una secuencia de `length` números (10 por defecto; podemos cambiarlo con la opción `-l`) impares (por defecto) o pares si se incluye la opción `-e`. Los argumentos `-l length` y `-e` son opcionales, pero el argumento `title` siempre debe estar presente en la línea de comando.

Ejemplos de salidas para diferentes combinaciones de entrada:

```
$ ./getopt hola
Title: hola
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19

./getopt -l 3 hola1
Title: hola1
1 3 5

./getopt -l 4 -e hola2
Title: hola2
2 4 6 8
```

Es necesario familiarizarse con la función `getopt()` consultando la página de manual de `getopt()`: `man 3 getopt`

- ```
  int getopt(int argc, char *const argv[], const char *optstring);
  ```

  La función suele invocarse desde `main()`, y sus dos primeros parámetros coinciden con los argumentos `argc` y `argv` pasados a `main()`. El parámetro `optstring` sirve para indicar de forma compacta a `getopt()` cuáles son las opciones que el programa acepta –cada una identificada por una letra–, y si éstas a su vez aceptan parámetros obligatorios u opcionales.

Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La función `getopt()` se usa en combinación con un bucle, que invoca tantas veces la función como opciones ha pasado el usuario en la línea de comandos. Cada vez que la función se invoca y encuentra una opción, `getopt()` retorna el caracter correspondiente a dicha opción. Por lo tanto, dentro del bucle suele emplearse la construcción *switch-case* de C para llevar a cabo el procesamiento de las distintas opciones. Es aconsejable no realizar el procesamiento de nuestro programa dentro del bucle, sino únicamente procesar las opciones y dar valor a variables/flags que serán utilizadas en el resto de nuestro código para decidir el comportamiento que debe tener.

2. Un aspecto particular de la función `getopt()` es que establece el valor de distintas variables globales tras invocarse, siendo las más relevantes las siguientes:

   - `char* optarg`: almacena el argumento pasado a la opción actual reconocida, si ésta acepta argumentos. Si la opción no incluye un argumento, entonces `optarg` se establece a `NULL`
  ```

- `int optind` : representa el índice del siguiente elemento en el `argv` (elementos que quedan sin procesar). Se usa frecuentemente para procesar argumentos adicionales del programa que no están asociados a ninguna opción. Veremos un ejemplo de ello en la práctica.

Para completar el código, incluye las opciones `-l` y `-e` en la llamada a `getopt()` y completa la estructura *switch-case* para modificar los valores por defecto de la variable `options` . Para leer el valor numérico asociado a la opción `-l` , deberás utilizar la variable global `optarg` , teniendo en cuenta que esta variable es una cadena de caracteres (tipo `char *`) y, sin embargo, queremos almacenar la opción como un número entero (tipo `int`). Consulta el uso de la función `strtol()` en el manual (`man 3 strtol`) para saber cómo realizar esa conversión.

Asimismo, dado que el argumento `title` no será procesado por `getopt()` (pues no está precedido por una marca de opción al estilo `-l`), deberemos continuar el procesamiento de la cadena de entrada tras el bucle `for` . Para ello, se usará la variable `optind` junto con `argv` para almacenar el valor de la cadena de caracteres que será el título de nuestra secuencia.

Completa el código y responde a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué cadena de caracteres debes utilizar como tercer argumento de `getopt()` ?
2. ¿Qué línea de código utilizas para leer el argumento `title` ?

Ejercicio 4

Estudiar el código y el funcionamiento del programa `show-passwd.c` , que lee el contenido del fichero del sistema `/etc/passwd` e imprime por pantalla (o en otro fichero dado) las distintas entradas de `/etc/passwd` –una por línea–, así como los distintos campos de cada entrada. El fichero `/etc/passwd` almacena en formato de texto plano información esencial de los usuarios del sistema, como su identificador numérico de usuario o grupo así como el programa configurado como intérprete de órdenes (*shell*) predeterminado para cada usuario. Para obtener más información sobre este fichero se ha de consultar su página de manual: `man 5 passwd`

El modo de uso del programa puede consultarse invocándolo con la opción -h:

```
$ ./show-passwd -h
Usage: ./show-passwd [ -h | -v | -p | -o <output_file> ]
```

Las opciones `-v` y `-p` , permiten configurar el formato en el que el programa imprime la información de `/etc/passwd` . Las citadas opciones activan respectivamente el modo `verbose` (por defecto) o `pipe` . La opción `-o` , que acepta un argumento obligatorio, permite selecionar un fichero para la salida del programa alternativo a la salida estándar.

Uno de los principales objetivos de este ejercicio es que el estudiante se familiarice con tres funciones muy útiles empleadas por el programa `show-passwd.c` , y cuya página de manual debe consultarse:

- ```
  int sscanf(const char *s, const char *format, ...);
  ```

Variante de `scanf()` que permite leer con formato a partir de un buffer de caracteres pasado como primer parámetro (`s`) . La función almacena en variables del programa, pasadas como argumento tras la cadena de formato, el resultado de convertir los distintos "tokens" de `s` de ASCII a binario.

- ```
  char *strsep(char **stringp, const char *delim);
  ```

Permite dividir una cadena de caracteres en *tokens*, proporcionando como segundo parámetro la cadena delimitadora de esos tokens. Como se puede observar en el programa `show-passwd.c` , esta función se utiliza para extraer los distintos campos almacenados en cada línea del fichero `/etc/passwd` , que están separados por `":"` . La función `strsep()` se usa típicamente en un bucle, que para tan pronto como el token devuelto es NULL. El primer argumento de la función es un puntero por referencia. Antes de comenzar el bucle, `*stringp` debe apuntar al comienzo de la cadena que deseamos procesar. Cuando `strsep()` retorna, `*stringp` apunta al resto de la cadena que queda por procesar.

Responda a las siguientes preguntas:

1. Para representar cada una de las entradas del fichero `/etc/passwd` se emplea el tipo de datos `passwd_entry_t` (estructura definida en `defs.h`). Nótese que muchos de los campos almacenan cadenas de caracteres definidas como arrays de caracteres de longitud máxima prefijada, o mediante el tipo de datos `char*`. La función `parse_passwd()`, definida en `show-passwd.c` es la encargada de inicializar los distintos campos de la estructura. ¿Cuál es el propósito de la función `clone_string()` que se usa para inicializar algunos de los citados campos tipo cadena? ¿Por qué no es posible en algunos casos simplemente copiar la cadena vía `strcpy()` o realizando una asignación `campo=cadena_existente;`? Justifique la respuesta.

2. La función `strsep()`, utilizada en `parse_passwd()`, modifica la cadena que se desea dividir en tokens. ¿Qué tipo de modificaciones sufre la cadena (variable `line`) tras invocaciones sucesivas de `strsep()`? **Pista**: Consúltese el valor y las direcciones de las variables del programa usando el depurador.

Realice las siguientes modificaciones en el programa `show-passwd.c`:

- Consulte la página de manual de la función *strdup* de la biblioteca estándar de C. Intenta utilizar esta función como reemplazo de *clone_string()*.
- Añada la opción `-i <inputfile>` para especificar una ruta alternativa para el fichero `passwd`. Hacer una copia de `/etc/passwd` en otra ubicación para verificar el correcto funcionamiento de esta nueva opción.
- Implemente una nueva opción `-c` en el programa, que permita mostrar los campos en cada entrada de `passwd` como valores separados por comas (CSV) en lugar de por `":"`.

Ejercicio 5

En este ejercicio vamos a practicar la programación en bash que haga uso de la orden interna *read* (consulta help read) para procesar ficheros línea a línea:

```
read [-ers] [-a array] [-d delim] [-i text] [-n nchars] [-N nchars] [-p prompt] [-t timeout] [-u fd] [name ...]
```

Este comando lee una línea de la entrada estándar, la descompone en palabras, y asigna la primera palabra a la primera variable de la lista de nombres, la segunda a la segunda variable y así sucesivamente.

Si queremos usar un delimitador especial para separar palabras podemos hacerlo asignando valor a la variable IFS antes de usar la operación read. Por ejemplo, para leer palabras separadas por ':' usaríamos la forma:

```
while IFS=':' read var1 var2 ... ;
do
    # cualquier cosa con $var1, $var2
done
```

Y si no queremos leer de la entrada estándar, podemos redirigir la entrada de todo el bucle a un fichero:

```
while IFS=':' read var1 var2 ... ;
do
    # cualquier cosa con $var1, $var2
done < fichero
```

Utilizar read para crear un pequeño script que haga lo mismo que el programa anterior `show-passwd` (con sus opciones por defecto), es decir:

- lea el fichero */etc/passwd*
- parsee sus entradas formadas por líneas con palabras separadas por ':'
- muestre cada entrada por la salida estándar con el mismo formato que el programa `show-passwd`.

Para obtener salida con formato en bash consultar la opción `-e` de `echo` (`man echo`). Alternativamente puede usarse la utilidad printf (`man 1 printf`).

Una vez hecho esto, modificar el script para que sólo se muestren aquellas entradas del fichero */etc/passwd* en las que el home del usuario sea un subdirectorio de */home*. Para ello resultará muy útil el uso del comando `dirname` (`man dirname`) y el uso de la estructura de control de flujo `if` junto con el programa `test` o el programa *[*.

Finalmente, intenta obtener una orden *bash*, combinando los comandos `cut` y `grep`, que permita obtener del fichero */etc/passwd* todos los homes que empiecen por */home*. Consulta las páginas de manual de `cut` y `grep` y revisa el uso de pipes ('|') para combinar comandos del shell.