

Trabajo Práctico #0: Infraestructura básica

Julian Ferres, *Padrón Nro. 101483*
julianferres@gmail.com

Cecilia María Hortas, *Padrón Nro. 100687*
ceci.hortas@gmail.com

Matías Ezequiel Scakosky, *Padrón Nro. 99627*
scakosky@hotmail.com

2do. Cuatrimestre de 2018

66.20 Organización de Computadoras – Práctica Martes
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Abstract

Se propone como objetivo del Trabajo Práctico familiarizarse con las herramientas de software que serán utilizadas a lo largo de la cursada. Para eso se plantea la realización de un programa en lenguaje C para codificar y decodificar información en base64. Se utiliza el programa GXemul para simular el entorno de desarrollo, una máquina MIPS que corre una versión de NetBSD.

Contents

1	Introducción	3
2	Documentación relevante al diseño e implementación del programa	3
2.1	Diseño	3
2.2	Detalle de implementación	3
2.2.1	Función encode	3
2.2.2	Función decode	4
3	Comandos para compilar el programa	5
4	Corridas de prueba	6
5	Código fuente en C	7
5.1	main.c	7
5.2	code.c	8
6	Código MIPS32 generado por el compilador	12
6.1	main.s	12
6.2	code.s	17
7	Conclusiones	28

1 Introducción

Se propone escribir un programa en lenguaje C que codifique o decodifique información de base64. Se cuentan con una serie de comandos básicos para el desarrollo del programa que serán detallados en el subtítulo de Implementación. El objetivo principal del programa consiste en realizar una acción que puede ser codificar o decodificar a partir de un archivo de entrada y generar un archivo de salida. En caso de no recibir los nombres de archivos se utiliza por defecto los streams standar stdin y stdout.

2 Documentación relevante al diseño e implementación del programa

A partir de la consigna se determina que los comandos que debe incluir el programa son:

- h, --help Despliega el menú de ayuda
- V, --version Imprime la versión y cierra el programa
- i, --input Determina la ubicación del archivo de entrada
- o, --output Determina la ubicación del archivo de salida
- a, --action Determina la acción que ejecuta el programa: codificar (por defecto) o decodificar

2.1 Diseño

El programa principal se encuentra desarrollado en la función `main`. Se detalla todo lo relativo al manejo de los comandos y se utiliza la librería `getopt.h`. Se guarda en el archivo `main.c`

Las acciones de codificar y decodificar se separan en funciones distintas y se implementan siguiendo una lógica similar. Ambas están en el archivo `code.c`

Pueden encontrar el código de nuestro programa en el repositorio:
<https://github.com/chortas/Orga-de-Compus-6620>

2.2 Detalle de implementación

2.2.1 Función `encode`

La función `encode` plantea un problema que radica en leer 6 bits cuando las funciones en C leen de a 1 byte como mínima unidad. Se utiliza la función `fgetc` que lee de a 1 carácter, es decir, 1 byte y se emplean las llamadas máscaras que permiten obtener los bits necesarios para procesar la información. Además, para acomodar los mismos a las posiciones que sean necesarias en cada caso se utilizan los operadores `>>` o `<<` que simbolizan `shift right` o `shift left` respectivamente. Todos los números obtenidos se utilizan como índice de la tabla de b64 para realizar la traducción y se escribe de la misma al archivo de salida o a stdout.

Caso 1: Se leen 8 bits y se desean obtener los primeros 6. Para ello se utiliza el operador `and` entre el carácter obtenido y la máscara `11111100` o `0xFC` y se

realiza un shift de dos posiciones a la derecha para que esos 6 bits se localicen en los últimas 6 posiciones.

Caso 2: Se leen los próximos 8 bits. Se forman 6 bits a partir de los 2 bits sobrantes del **Caso 1** y de los 4 primeros bits del carácter leído en este caso. Los 2 bits sobrantes se obtienen con el operador **and** entre el carácter obtenido en el **Caso 1** y la máscara 00000011 o 0x03. Se realiza un shift de cuatro posiciones a la izquierda ya que deben dejar libres las últimas posiciones para los 4 bits mencionados. Los cuatro restantes se forman a partir del operador **and** entre el carácter leído en este caso y la máscara 11110000 o 0xF0. Se realiza un shift de cuatro posiciones a la derecha ya que deben ser los últimos 4 bits del número formado. Para armar el número de 6 bits a partir de estas dos descomposiciones se utiliza el operador **|** entre ambas variables.

Caso 3: Se leen los próximos 8 bits. En este caso se formarán dos números. El primero con los 4 bits restantes del **Caso 2** y los primeros 2 bits del carácter leído en este caso. El segundo con los últimos 6 bits del carácter leído en este caso.

Para obtener el primer número se utiliza el operador **|** entre dos variables:

-La primera se forma con los 4 bits restantes del carácter del **Caso 2**. Para ello se utiliza el operador **and** entre dicho carácter y la máscara 00001111 o 0x0F. Además se utiliza un shift a izquierda de 2 posiciones para dejar libre las posiciones de los 2 caracteres restantes.

-La segunda se forma con los primeros 2 bits del carácter leído en este caso. Para ello se utiliza el operador **and** entre dicho carácter y la máscara 11000000 o 0xC0. Se realiza un shift a derecha de 6 posiciones para que queden posicionados dichos bits en las últimas posiciones.

Para obtener el segundo número se utiliza el operador **and** entre el carácter leído en este caso y la máscara 00111111 o 0x3F para obtener los últimos 6 bits.

Al finalizar estos 3 casos se vuelve al **Caso 1** y se renueva el ciclo.

En caso de tener 2 o 4 bits faltantes se rellenan con ceros y se agrega un **=** o un **==** respectivamente al final del texto para señalar dicho agregado.

2.2.2 Función decode

La función **decode** plantea el problema de leer un carácter que proviene de la base64. Para traducirlo al número del cual proviene (1 a 64) se utiliza una función auxiliar que devuelve el índice de la tabla formato b64 al que corresponde dicho carácter. Siempre se trabajarán con dichos números y se los tratará como números de 6 bits. Como la lectura es de a 8 bits, los primeros 2 bits serán siempre 0. Se utiliza la función **fgetc** que lee de a 1 carácter, es decir, 1 byte y se emplean al igual que en el **encode** las llamadas máscaras y las operaciones de shift para acomodar los números a las posiciones determinadas en cada caso.

Se distinguen 3 casos:

Caso 1: Se utilizan los 6 bits del número obtenido con la función auxiliar y se traduce el próximo carácter a leer a través de la función auxiliar mencionada de la cual se obtienen también otros 6 bits. De esta manera, el número de 8 bytes se construye con el operador **|** entre los 6 bits del primero y los primeros 2 bits del segundo.

- El primero se forma a partir de un shift a izquierda de 2 posiciones para dejar libre dichas posiciones a los primeros 2 bits del segundo número formado.
- El segundo número se forma a partir del operador **and** entre el segundo índice obtenido a través de la función auxiliar y la máscara 00110000 o 0x30. Se realiza un shift de 4 posiciones a la derecha para que queden localizados en las dos últimas posiciones.

Caso 2: Se utilizan los 4 bits que sobraron del **Caso 1** y se lee el próximo carácter, del cual se obtiene el índice de la tabla B64 con la función auxiliar mencionada y se utilizan los primeros 4 bits. Se utiliza el operador **|** para unificar ambos números.

- Para obtener el primer número se realiza un shift a izquierda de 4 posiciones para dejar libres las últimas 4 posiciones para el segundo número.
- Para obtener el segundo número se utiliza el operador **and** entre el índice devuelto por la función auxiliar en este caso y la máscara 00111100 o 0x3C. Se utiliza esa máscara porque los primeros 2 bits siempre son 0, como fue mencionado anteriormente. Para que esos 4 bits se ubiquen en las últimas 4 posiciones se realiza un shift a derecha de valor 2.

Caso 3: Se utilizan los 2 bits sobrantes del **Caso 2** y se lee un nuevo carácter, que se traduce a partir de la función auxiliar mencionada a un nuevo índice entre 0 y 64 del cual se toman los 6 bits del mismo. Ambos números se utilizan con el operador **|**.

- El primer número se obtiene a partir de un shift a izquierda de 6 posiciones del número obtenido en el **Caso 2** a partir de la función auxiliar. De esta manera deja los últimos 6 bits libres para el segundo número.
- El segundo número se obtiene a partir del operador **and** entre el índice obtenido previamente y la máscara 00111111 o 0x3F.

Al finalizar estos 3 casos se vuelve al **Caso 1** y se renueva el ciclo.

A medida que se fueron obteniendo los distintos números se escribieron en el archivo de salida o en la salida stdout, según corresponda. En caso de encontrar un `= 0 ==` significa la finalización de la lectura.

3 Comandos para compilar el programa

En esta sección se detallan los pasos para compilar el programa en NetBSD a partir del entorno proporcionado por GXemul.

- Desde el directorio donde se instaló GXemul se corre el siguiente comando para bootear la imagen del disco patrón: `hostOS# ./gxemul -e 3max -d netbsd-pmax.img`
- Desde otra consola de linux se crea en el host OS con el usuario root un alias para la interfaz loopback (lo:0) con la IP 172.20.0.1 con el siguiente comando: `hostOS# ifconfig lo:0 172.20.0.1`
- Luego se ejecutan los siguientes comandos para la conexión contra la interfaz creada:


```
hostOS# export TERM=xterm
hostOS# ssh -p 2222 root@127.0.0.1
```

- Se transfieren los archivos a compilar a NetBSD con los siguientes comandos:

```
scp -P2222 -r TP0 root@127.0.0.1:/root/TP0NetBSD
```
- Luego se ejecutan los siguientes comandos para realizar la compilación y extraer el código MIPS generado por el compilador en el sistema operativo que corre sobre GXemul:

```
root@: # ls
root@: # pwd
root@: # mkdir TP0NetBSD
root@: # cd TP0NetBSD
root@: /TP0NetBSD/TP0# gcc -Wall -O0 -S -mrnames *.c
```

 - `-s` para detener el compilador luego de generar el código assembly.
 - `-mrnames` para cambiar los números de los registros por sus nombres de convención
- Luego se transfiere el archivo `.s` para el sistema operativo sobre el cual corre GXemul:

```
hostOS# scp -P2222 root@127.0.0.1:/root/TP0NetBSD/TP0/*.s /home/user
```

4 Corridas de prueba

Las pruebas realizadas se basaron en los ejemplos del enunciado. Se probaron los comandos básicos como `-h` y `-V` para probar que muestren el resultado esperado.

Luego, para probar los comandos `-a action -i input -o output` se realizó lo siguiente:

- Se probó que de omitir esos comandos la acción por default sea la ejecución de `encode` con la entrada por `stdin` y la salida generada por `stdout`.
- Se probó que de omitir nombres de archivos de `input` y `output` los archivos tomados por default eran los *stream* estándar.
- Se probó que de recibir los nombres de archivos de entrada y salida las acciones esperadas se concretaban. Se tomaron los ejemplos mencionados en el enunciado.
- Finalmente se ejecutó el siguiente comando en la terminal para verificar que archivos de tamaño creciente codificaban y decodificaban correctamente: `n=1;while ;; do head -c n </dev/urandom >/tmp/in.bin; ./main -a encode -i /tmp/in.bin -o /tmp/out.b64; ./main -a decode -i /tmp/out.b64 -o /tmp/out.bin; if diff /tmp/in.bin /tmp/out.bin; then ;; else echo ERROR: n; break; fi; echo ok: n; n=$((n+1)); rm -f /tmp/in.bin /tmp/out.b64 /tmp/out.bin; done`

5 Código fuente en C

5.1 main.c

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <getopt.h>
#include <stdbool.h>
#include "code.h"

//Definición del menú de ayuda
const char HELP[] = "Usage:\n tp0 -h \n tp0 -V \n tp0 [options] \n Options: \n
-V, --version Print version and quit. \n -h, --help Print this information. \n
-i, --input Location of the input file. \n -a, --action Program action: encode (default)
or decode. \n";

//Definición de la versión del programa
const char VERSION[] = "2018.9.18 \n";

int main (int argc, char const *argv[]) {

    static struct option long_options[] = {
        {"version", no_argument, 0, 0 },
        {"help", no_argument, 0, 0 },
        {"input", optional_argument, 0, 0},
        {"output", optional_argument, 0, 0},
        {"action", optional_argument, 0, 0},
        {0, 0, 0, 0 }
    };

    int opt;
    FILE* fp = stdin;
    FILE* wfp = stdout;
    char* const* buffer = (char* const*) argv;
    int option_index = 0;
    bool isencode = true;
    while ((opt = getopt_long(argc, buffer, "Vha:i:o:", long_options,
        &option_index))!=-1) {

        switch (opt) {

            case 'h':
                fprintf(stdout, HELP);
                return 0;

            case 'V':
                fprintf(stdout, VERSION);
                return 0;
```

```

        case 'a':
            if (! strcmp(optarg, "encode")) {
                continue;
            }
            if (! strcmp(optarg, "decode")) {
                isencode = false;
                continue;
            }

        case 'i':
            if (! strcmp(optarg, "-")) continue;
            fp = fopen(optarg, "r");
            if(! fp) {
                fprintf(stderr, "File not found \n");
                return 1;
            }
            continue;

        case 'o':
            if (! strcmp(optarg, "-")) continue;
            wfp = fopen(optarg, "w");
            if(! wfp) {
                fprintf(stderr, "File not found \n");
                return 1;
            }
            break;

        case 0:
            abort();
    }

    if(isencode) encode(fp, wfp);
    else decode(fp, wfp);
    fclose(fp);
    fclose(wfp);
    return 0;
}

```

5.2 code.c

```
#include "code.h"
```

```
//Definición de la tabla B64
```

```
const char B64[64]= {'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L',
    'M', 'N', 'O', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z', 'a', 'b',
    'c', 'd', 'e', 'f', 'g', 'h', 'i', 'j', 'k', 'l', 'm', 'n', 'o', 'p', 'q', 'r',
    's', 't', 'u', 'v', 'w', 'x', 'y', 'z', '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
```



```

'8', '9', '+', '/'};

encode(FILE* fp, FILE* wfp) {

    //Definición de las máscaras a utilizar
    unsigned char a1mask = 0xFC;
    unsigned char a2mask = 0x03;
    unsigned char b1mask = 0xF0;
    unsigned char b2mask = 0x0F;
    unsigned char c1mask = 0xC0;
    unsigned char c2mask = 0x3F;

    //Definición de los resultados y variables temporales
    int contador = 0;
    int a1, a2, b1, b2, c1, c2;

    int character = fgetc(fp);

    while(character != EOF) {

        unsigned char buffer = (unsigned char) character;

        if(contador == 0) {
            a1 = buffer & a1mask;
            a1 = a1 >> 2;
            a2 = buffer & a2mask;
            a2 = (unsigned char) a2 << 4;

            contador++;
            fprintf(wfp, "%c", B64[a1]);
            character = fgetc(fp);
            continue;
        }

        if(contador == 1) {
            b1 = buffer & b1mask;
            b1 = b1 >> 4;
            b1 = b1 | a2;
            b2 = buffer & b2mask;
            b2 = (unsigned char)b2 << 2;

            contador++;
            fprintf(wfp, "%c", B64[b1]);
            character = fgetc(fp);
            continue;
        }

        if(contador == 2) {
            c1 = buffer & c1mask;
            c1 = c1 >> 6;

```

```

        c1 = c1 | b2;
        c2 = buffer & c2mask;

        contador = 0;
        fprintf(wfp, "%c", B64[c1]);
        fprintf(wfp, "%c", B64[c2]);
        caracter = fgetc(fp);
        continue;
    }
}

switch (contador) {
    case 2:
        fprintf(wfp, "%c", B64[b2]);
        fprintf(wfp, "=");
        break;
    case 1:
        fprintf(wfp, "%c", B64[a2]);
        fprintf(wfp, "==");
        break;
}
}

unsigned char get_i64(unsigned char c) {
    for(int i=0; i<64; i++){
        if(B64[i] == c) {
            unsigned char resultado = (unsigned char) i;
            return resultado;
        }
    }
    return -1;
}

void decode(FILE* fp, FILE* wfp) {

    //Definición de las máscaras a utilizar
    unsigned char mask1 = 0x30;
    unsigned char mask2 = 0x3C;
    unsigned char mask3 = 0x3F;

    //Definición de los resultados y variables temporales
    int contador = 0;
    unsigned char a, b, c, d;

    int caracter = fgetc(fp);
    unsigned char ascii_index = (unsigned char) caracter;
    a = (unsigned char) get_i64(ascii_index);

    while(caracter != EOF ) {

```

```

        if(contador == 0) {
            character = fgetc(fp);
            if(character == -1) break;

            unsigned char ascii_index = (unsigned char) character;
            b = get_i64(ascii_index);

            a = (unsigned char) (a << 2);
            a = a | ((b & mask1) >> 4);

            fprintf(wfp, "%c", a);
            contador++;
            continue;
        }

        if(contador == 1) {
            character = fgetc(fp);
            if(character == '=') break;

            unsigned char ascii_index = (unsigned char) character;
            c = get_i64(ascii_index);

            b = (unsigned char) (b << 4);
            b = b | ((c & mask2) >> 2);

            fprintf(wfp, "%c", b);
            contador++;
            continue;
        }

        if(contador == 2) {
            character = fgetc(fp);
            if (character == '=') break;

            unsigned char ascii_index = (unsigned char) character;
            d = (unsigned char) get_i64(ascii_index);

            c = (unsigned char) (c << 6);
            c = c | (d & mask3);

            fprintf(wfp, "%c", c);
            a = get_i64(fgetc(fp)) ;
            contador = 0;
            continue;
        }
    }
}

```

6 Código MIPS32 generado por el compilador

6.1 main.s

```
.file      1 "main.c"
.section .mdebug.abi32
.previous
.abicalls
.globl     HELP
.rdata
.align     2
.type      HELP, @object
.size      HELP, 231

HELP:
.ascii     "Usage:\n"
.ascii     " tp0 -h \n"
.ascii     " tp0 -V \n"
.ascii     " tp0 [options] \n"
.ascii     " Options: \n"
.ascii     " -V, --version Print version and quit. \n"
.ascii     " -h, --help Print this information. \n"
.ascii     " -i, --input Location of the input file. \n"
.ascii     " -a, --action Program action: encode (default) or decode"
.ascii     ". \n\000"
.globl     VERSION
.align     2
.type      VERSION, @object
.size      VERSION, 12

VERSION:
.ascii     "2018.9.25 \n\000"
.align     2

$LC0:
.ascii     "version\000"
.align     2

$LC1:
.ascii     "help\000"
.align     2

$LC2:
.ascii     "input\000"
.align     2

$LC3:
.ascii     "output\000"
.align     2

$LC4:
.ascii     "action\000"
.data
.align     2
.type      long_options.0, @object
.size      long_options.0, 96
```

```

long_options.0:
    .word      $LC0
    .word      0
    .word      0
    .word      0
    .word      $LC1
    .word      0
    .word      0
    .word      0
    .word      $LC2
    .word      2
    .word      0
    .word      0
    .word      $LC3
    .word      2
    .word      0
    .word      0
    .word      $LC4
    .word      2
    .word      0
    .word      0
    .word      0
    .word      0
    .word      0
    .rdata
    .align     2
$LC5:
    .ascii     "Vha:i:o:\000"
    .align     2
$LC6:
    .ascii     "encode\000"
    .align     2
$LC7:
    .ascii     "decode\000"
    .align     2
$LC8:
    .ascii     "-\000"
    .align     2
$LC9:
    .ascii     "r\000"
    .align     2
$LC10:
    .ascii     "File not found \n\000"
    .align     2
$LC11:
    .ascii     "w\000"
    .text
    .align     2
    .globl     main

```

```

.ent      main
main:
.frame    $fp,80,$ra      # vars= 32, regs= 3/0, args= 24, extra= 8
.mask     0xd0000000,-8
.fmask    0x00000000,0
.set      noreorder
.cpload   $t9
.set      reorder
subu      $sp,$sp,80
.cprestore 24
sw        $ra,72($sp)
sw        $fp,68($sp)
sw        $gp,64($sp)
move      $fp,$sp
sw        $a0,80($fp)
sw        $a1,84($fp)
la        $v0, __sF
sw        $v0,36($fp)
la        $v0, __sF+88
sw        $v0,40($fp)
lw        $v0,84($fp)
sw        $v0,44($fp)
sw        $zero,48($fp)
li        $v0,1           # 0x1
sb        $v0,52($fp)

$L18:
addu      $v0,$fp,48
sw        $v0,16($sp)
lw        $a0,80($fp)
lw        $a1,44($fp)
la        $a2,$LC5
la        $a3,long_options.0
la        $t9,getopt_long
jal       $ra,$t9
sw        $v0,32($fp)
lw        $v1,32($fp)
li        $v0,-1          # 0xffffffffffffffff
bne       $v1,$v0,$L20
b         $L19

$L20:
lw        $v0,32($fp)
sw        $v0,60($fp)
li        $v0,104         # 0x68
lw        $v1,60($fp)
beq       $v1,$v0,$L22
lw        $v1,60($fp)
slt       $v0,$v1,105
beq       $v0,$zero,$L36
li        $v0,86          # 0x56
lw        $v1,60($fp)

```

```

        beq      $v1,$v0,$L23
        lw       $v1,60($fp)
        slt      $v0,$v1,87
        beq      $v0,$zero,$L37
        lw       $v0,60($fp)
        beq      $v0,$zero,$L33
        b        $L18
$L37:
        li       $v0,97                                # 0x61
        lw       $v1,60($fp)
        beq      $v1,$v0,$L24
        b        $L18
$L36:
        li       $v0,105                                # 0x69
        lw       $v1,60($fp)
        beq      $v1,$v0,$L27
        li       $v0,111                                # 0x6f
        lw       $v1,60($fp)
        beq      $v1,$v0,$L30
        b        $L18
$L22:
        la       $a0,__sF+88
        la       $a1,HELP
        la       $t9,fprintf
        jal      $ra,$t9
        sw       $zero,56($fp)
        b        $L17
$L23:
        la       $a0,__sF+88
        la       $a1,VERSION
        la       $t9,fprintf
        jal      $ra,$t9
        sw       $zero,56($fp)
        b        $L17
$L24:
        lw       $a0,optarg
        la       $a1,$LC6
        la       $t9,strcmp
        jal      $ra,$t9
        bne      $v0,$zero,$L25
        b        $L18
$L25:
        lw       $a0,optarg
        la       $a1,$LC7
        la       $t9,strcmp
        jal      $ra,$t9
        bne      $v0,$zero,$L27
        sb       $zero,52($fp)
        b        $L18

```

```

$L27:
    lw      $a0,optarg
    la      $a1,$LC8
    la      $t9,strcmp
    jal     $ra,$t9
    bne     $v0,$zero,$L28
    b       $L18
$L28:
    lw      $a0,optarg
    la      $a1,$LC9
    la      $t9,fopen
    jal     $ra,$t9
    sw      $v0,36($fp)
    lw      $v0,36($fp)
    bne     $v0,$zero,$L18
    la      $a0,__$sF+176
    la      $a1,$LC10
    la      $t9,fprintf
    jal     $ra,$t9
    li      $v0,1                      # 0x1
    sw      $v0,56($fp)
    b       $L17
$L30:
    lw      $a0,optarg
    la      $a1,$LC8
    la      $t9,strcmp
    jal     $ra,$t9
    bne     $v0,$zero,$L31
    b       $L18
$L31:
    lw      $a0,optarg
    la      $a1,$LC11
    la      $t9,fopen
    jal     $ra,$t9
    sw      $v0,40($fp)
    lw      $v0,40($fp)
    bne     $v0,$zero,$L18
    la      $a0,__$sF+176
    la      $a1,$LC10
    la      $t9,fprintf
    jal     $ra,$t9
    li      $v1,1                      # 0x1
    sw      $v1,56($fp)
    b       $L17
$L33:
    la      $t9,abort
    jal     $ra,$t9
$L19:
    lbu     $v0,52($fp)
    beq     $v0,$zero,$L38

```



```

        lw      $a0,36($fp)
        lw      $a1,40($fp)
        la      $t9,encode
        jal     $ra,$t9
        b       $L39
$L38:
        lw      $a0,36($fp)
        lw      $a1,40($fp)
        la      $t9,decode
        jal     $ra,$t9
$L39:
        lw      $a0,36($fp)
        la      $t9,fclose
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,40($fp)
        la      $t9,fclose
        jal     $ra,$t9
        sw      $zero,56($fp)
$L17:
        lw      $v0,56($fp)
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,72($sp)
        lw      $fp,68($sp)
        addu    $sp,$sp,80
        j       $ra
        .end    main
        .size   main, .-main
        .ident   "GCC: (GNU) 3.3.3 (NetBSD nb3 20040520)"

```

6.2 code.s

```

        .file      1 "code.c"
        .section   .mdebug.abi32
        .previous
        .abicalls
        .globl     B64
        .rdata
        .align     2
        .type      B64, @object
        .size      B64, 64
B64:
        .byte      65
        .byte      66
        .byte      67
        .byte      68
        .byte      69
        .byte      70
        .byte      71
        .byte      72

```

.byte	73
.byte	74
.byte	75
.byte	76
.byte	77
.byte	78
.byte	79
.byte	80
.byte	81
.byte	82
.byte	83
.byte	84
.byte	85
.byte	86
.byte	87
.byte	88
.byte	89
.byte	90
.byte	97
.byte	98
.byte	99
.byte	100
.byte	101
.byte	102
.byte	103
.byte	104
.byte	105
.byte	106
.byte	107
.byte	108
.byte	109
.byte	110
.byte	111
.byte	112
.byte	113
.byte	114
.byte	115
.byte	116
.byte	117
.byte	118
.byte	119
.byte	120
.byte	121
.byte	122
.byte	48
.byte	49
.byte	50
.byte	51
.byte	52
.byte	53

```

        .byte      54
        .byte      55
        .byte      56
        .byte      57
        .byte      43
        .byte      47
        .align     2
$LC0:
        .ascii     "%c\000"
        .align     2
$LC1:
        .ascii     "=\000"
        .align     2
$LC2:
        .ascii     "=="\000"
        .text
        .align     2
        .globl     encode
        .ent       encode
encode:
        .frame      $fp,88,$ra                # vars= 48, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask       0xd0000000,-8
        .fmask      0x00000000,0
        .set        noreorder
        .cplload    $t9
        .set        reorder
        subu        $sp,$sp,88
        .cprestore  16
        sw          $ra,80($sp)
        sw          $fp,76($sp)
        sw          $gp,72($sp)
        move        $fp,$sp
        sw          $a0,88($fp)
        sw          $a1,92($fp)
        li          $v0,-4                    # 0xfffffffffffffc
        sb          $v0,24($fp)
        li          $v0,3                     # 0x3
        sb          $v0,25($fp)
        li          $v0,-16                   # 0xfffffffffffff0
        sb          $v0,26($fp)
        li          $v0,15                    # 0xf
        sb          $v0,27($fp)
        li          $v0,-64                   # 0xffffffffffffc0
        sb          $v0,28($fp)
        li          $v0,63                    # 0x3f
        sb          $v0,29($fp)
        sw          $zero,32($fp)
        lw          $a0,88($fp)
        la          $t9,fgetc
        jal         $ra,$t9

```

```

        sw        $v0,60($fp)
$L18:   lw        $v1,60($fp)
        li        $v0,-1                # 0xffffffffffffffff
        bne       $v1,$v0,$L20
        b         $L19
$L20:   lbu       $v0,60($fp)
        sb        $v0,64($fp)
        lw        $v0,32($fp)
        bne       $v0,$zero,$L21
        lbu       $v1,64($fp)
        lbu       $v0,24($fp)
        and       $v0,$v1,$v0
        andi      $v0,$v0,0x00ff
        sw        $v0,36($fp)
        lw        $v0,36($fp)
        sra       $v0,$v0,2
        sw        $v0,36($fp)
        lbu       $v1,64($fp)
        lbu       $v0,25($fp)
        and       $v0,$v1,$v0
        andi      $v0,$v0,0x00ff
        sw        $v0,40($fp)
        lbu       $v0,40($fp)
        sll       $v0,$v0,4
        sw        $v0,40($fp)
        lw        $v0,32($fp)
        addu      $v0,$v0,1
        sw        $v0,32($fp)
        lw        $v1,36($fp)
        la        $v0,B64
        addu      $v0,$v1,$v0
        lb        $v0,0($v0)
        lw        $a0,92($fp)
        la        $a1,$LC0
        move      $a2,$v0
        la        $t9,fprintf
        jal       $ra,$t9
        lw        $a0,88($fp)
        la        $t9,fgetc
        jal       $ra,$t9
        sw        $v0,60($fp)
        b         $L18
$L21:   lw        $v1,32($fp)
        li        $v0,1                # 0x1
        bne       $v1,$v0,$L22
        lbu       $v1,64($fp)
        lbu       $v0,26($fp)

```

```

and      $v0,$v1,$v0
andi     $v0,$v0,0x00ff
sw       $v0,44($fp)
lw       $v0,44($fp)
sra      $v0,$v0,4
sw       $v0,44($fp)
lw       $v1,44($fp)
lw       $v0,40($fp)
or       $v0,$v1,$v0
sw       $v0,44($fp)
lbu      $v1,64($fp)
lbu      $v0,27($fp)
and      $v0,$v1,$v0
andi     $v0,$v0,0x00ff
sw       $v0,48($fp)
lbu      $v0,48($fp)
sll      $v0,$v0,2
sw       $v0,48($fp)
lw       $v0,32($fp)
addu     $v0,$v0,1
sw       $v0,32($fp)
lw       $v1,44($fp)
la       $v0,B64
addu     $v0,$v1,$v0
lb       $v0,0($v0)
lw       $a0,92($fp)
la       $a1,$LC0
move     $a2,$v0
la       $t9,fprintf
jal      $ra,$t9
lw       $a0,88($fp)
la       $t9,fgetc
jal      $ra,$t9
sw       $v0,60($fp)
b        $L18
$L22:
lw       $v1,32($fp)
li       $v0,2                                # 0x2
bne      $v1,$v0,$L18
lbu      $v1,64($fp)
lbu      $v0,28($fp)
and      $v0,$v1,$v0
andi     $v0,$v0,0x00ff
sw       $v0,52($fp)
lw       $v0,52($fp)
sra      $v0,$v0,6
sw       $v0,52($fp)
lw       $v1,52($fp)
lw       $v0,48($fp)
or       $v0,$v1,$v0

```

```

sw        $v0,52($fp)
lbu       $v1,64($fp)
lbu       $v0,29($fp)
and       $v0,$v1,$v0
andi      $v0,$v0,0x00ff
sw        $v0,56($fp)
sw        $zero,32($fp)
lw        $v1,52($fp)
la        $v0,B64
addu      $v0,$v1,$v0
lb        $v0,0($v0)
lw        $a0,92($fp)
la        $a1,$LC0
move      $a2,$v0
la        $t9,fprintf
jal       $ra,$t9
lw        $v1,56($fp)
la        $v0,B64
addu      $v0,$v1,$v0
lb        $v0,0($v0)
lw        $a0,92($fp)
la        $a1,$LC0
move      $a2,$v0
la        $t9,fprintf
jal       $ra,$t9
lw        $a0,88($fp)
la        $t9,fgetc
jal       $ra,$t9
sw        $v0,60($fp)
b         $L18
$L19:
lw        $v0,32($fp)
sw        $v0,68($fp)
li        $v0,1                                # 0x1
lw        $v1,68($fp)
beq       $v1,$v0,$L26
li        $v0,2                                # 0x2
lw        $v1,68($fp)
beq       $v1,$v0,$L25
b         $L17
$L25:
lw        $v1,48($fp)
la        $v0,B64
addu      $v0,$v1,$v0
lb        $v0,0($v0)
lw        $a0,92($fp)
la        $a1,$LC0
move      $a2,$v0
la        $t9,fprintf
jal       $ra,$t9

```

```

        lw      $a0,92($fp)
        la      $a1,$LC1
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        b       $L17
$L26:
        lw      $v1,40($fp)
        la      $v0,B64
        addu    $v0,$v1,$v0
        lb      $v0,0($v0)
        lw      $a0,92($fp)
        la      $a1,$LC0
        move    $a2,$v0
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,92($fp)
        la      $a1,$LC2
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
$L17:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,80($sp)
        lw      $fp,76($sp)
        addu    $sp,$sp,88
        j       $ra
        .end     encode
        .size    encode, .-encode
        .align   2
        .globl   get_i64
        .ent     get_i64
get_i64:
        .frame    $fp,32,$ra
        .mask     0x50000000,-4
        .fmask    0x00000000,0
        .set      noreorder
        .cpload   $t9
        .set      reorder
        subu      $sp,$sp,32
        .cprestore 0
        sw        $fp,28($sp)
        sw        $gp,24($sp)
        move      $fp,$sp
        move      $v0,$a0
        sb        $v0,8($fp)
        sw        $zero,12($fp)
$L30:
        lw        $v0,12($fp)
        slt       $v0,$v0,64
        bne      $v0,$zero,$L33
        b        $L31

```

vars= 16, regs= 2/0, args= 0, extra= 8

```

$L33:
    lw      $v1,12($fp)
    la      $v0,B64
    addu    $v0,$v1,$v0
    lb      $v1,0($v0)
    lbu     $v0,8($fp)
    bne     $v1,$v0,$L32
    lbu     $v0,12($fp)
    sb      $v0,16($fp)
    lbu     $v0,16($fp)
    sw      $v0,20($fp)
    b       $L29

$L32:
    lw      $v0,12($fp)
    addu    $v0,$v0,1
    sw      $v0,12($fp)
    b       $L30

$L31:
    li      $v0,255                # 0xff
    sw      $v0,20($fp)

$L29:
    lw      $v0,20($fp)
    move    $sp,$fp
    lw      $fp,28($sp)
    addu    $sp,$sp,32
    j       $ra
    .end    get_i64
    .size   get_i64, .-get_i64
    .align  2
    .globl  decode
    .ent    decode

decode:
    .frame   $fp,64,$ra            # vars= 24, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
    .mask    0xd0000000,-8
    .fmask   0x00000000,0
    .set     noreorder
    .cpload  $t9
    .set     reorder
    subu     $sp,$sp,64
    .cprestore 16
    sw       $ra,56($sp)
    sw       $fp,52($sp)
    sw       $gp,48($sp)
    move     $fp,$sp
    sw       $a0,64($fp)
    sw       $a1,68($fp)
    li       $v0,48                # 0x30
    sb       $v0,24($fp)
    li       $v0,60                # 0x3c
    sb       $v0,25($fp)

```



```

        li        $v0,63                # 0x3f
        sb        $v0,26($fp)
        sw        $zero,28($fp)
        lw        $a0,64($fp)
        la        $t9,fgetc
        jal       $ra,$t9
        sw        $v0,36($fp)
        lbu       $v0,36($fp)
        sb        $v0,40($fp)
        lbu       $v0,40($fp)
        move      $a0,$v0
        la        $t9,get_i64
        jal       $ra,$t9
        sb        $v0,32($fp)
$L36:
        lw        $v1,36($fp)
        li        $v0,-1                # 0xffffffffffffffff
        bne       $v1,$v0,$L38
        b         $L35
$L38:
        lw        $v0,28($fp)
        bne       $v0,$zero,$L39
        lw        $a0,64($fp)
        la        $t9,fgetc
        jal       $ra,$t9
        sw        $v0,36($fp)
        lw        $v1,36($fp)
        li        $v0,-1                # 0xffffffffffffffff
        bne       $v1,$v0,$L40
        b         $L35
$L40:
        lbu       $v0,36($fp)
        sb        $v0,41($fp)
        lbu       $v0,41($fp)
        move      $a0,$v0
        la        $t9,get_i64
        jal       $ra,$t9
        sb        $v0,33($fp)
        lbu       $v0,32($fp)
        sll       $v0,$v0,2
        sb        $v0,32($fp)
        lbu       $v1,33($fp)
        lbu       $v0,24($fp)
        and       $v0,$v1,$v0
        andi      $v0,$v0,0x00ff
        srl       $v0,$v0,4
        lbu       $v1,32($fp)
        or        $v0,$v1,$v0
        sb        $v0,32($fp)
        lbu       $v0,32($fp)

```

```

        lw      $a0,68($fp)
        la      $a1,$LC0
        move    $a2,$v0
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        lw      $v0,28($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,28($fp)
        b       $L36
$L39:
        lw      $v1,28($fp)
        li      $v0,1                # 0x1
        bne     $v1,$v0,$L41
        lw      $a0,64($fp)
        la      $t9,fgetc
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,36($fp)
        lw      $v1,36($fp)
        li      $v0,61              # 0x3d
        bne     $v1,$v0,$L42
        b       $L35
$L42:
        lbu     $v0,36($fp)
        sb      $v0,41($fp)
        lbu     $v0,41($fp)
        move    $a0,$v0
        la      $t9,get_i64
        jal     $ra,$t9
        sb      $v0,34($fp)
        lbu     $v0,33($fp)
        sll     $v0,$v0,4
        sb      $v0,33($fp)
        lbu     $v1,34($fp)
        lbu     $v0,25($fp)
        and     $v0,$v1,$v0
        andi    $v0,$v0,0x00ff
        srl     $v0,$v0,2
        lbu     $v1,33($fp)
        or      $v0,$v1,$v0
        sb      $v0,33($fp)
        lbu     $v0,33($fp)
        lw      $a0,68($fp)
        la      $a1,$LC0
        move    $a2,$v0
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        lw      $v0,28($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,28($fp)
        b       $L36

```

```

$L41:
    lw      $v1,28($fp)
    li      $v0,2                                # 0x2
    bne     $v1,$v0,$L36
    lw      $a0,64($fp)
    la      $t9,fgetc
    jal     $ra,$t9
    sw      $v0,36($fp)
    lw      $v1,36($fp)
    li      $v0,61                                # 0x3d
    bne     $v1,$v0,$L44
    b       $L35
$L44:
    lbu     $v0,36($fp)
    sb      $v0,41($fp)
    lbu     $v0,41($fp)
    move    $a0,$v0
    la      $t9,get_i64
    jal     $ra,$t9
    sb      $v0,35($fp)
    lbu     $v0,34($fp)
    sll     $v0,$v0,6
    sb      $v0,34($fp)
    lbu     $v1,35($fp)
    lbu     $v0,26($fp)
    and     $v0,$v1,$v0
    lbu     $v1,34($fp)
    or      $v0,$v1,$v0
    sb      $v0,34($fp)
    lbu     $v0,34($fp)
    lw      $a0,68($fp)
    la      $a1,$LC0
    move    $a2,$v0
    la      $t9,fprintf
    jal     $ra,$t9
    lw      $a0,64($fp)
    la      $t9,fgetc
    jal     $ra,$t9
    sw      $v0,36($fp)
    lbu     $v0,36($fp)
    sb      $v0,41($fp)
    lbu     $v0,41($fp)
    move    $a0,$v0
    la      $t9,get_i64
    jal     $ra,$t9
    sb      $v0,32($fp)
    sw      $zero,28($fp)
    b       $L36

```

```

$L35:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,56($sp)
        lw      $fp,52($sp)
        addu    $sp,$sp,64
        j       $ra
        .end    decode
        .size    decode,.-decode
        .ident   "GCC: (GNU) 3.3.3 (NetBSD nb3 20040520)"

```

7 Conclusiones

En conclusión, se cumplió el objetivo del Trabajo Práctico ya que se desarrolló el programa detallado por el enunciado. Los comandos del programa se ejecutan como detalla el comando `-h` y tras ser sometidos a distintas pruebas se concluye que funcionan según lo esperado. Así mismo fue posible la creación del código MIPS por el compilador y se pudo utilizar el programa GXemul para simular un entorno de desarrollo de una maquina MIPS corriendo el sistema operativo NetBSD.

References

- [1] GXemul, <http://gavare.se/gxemul/>.
- [2] J. L. Hennessy and D. A. Patterson, "Computer Architecture. A Quantitative Approach," 3ra Edición, Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- [3] J. Larus and T. Ball, "Rewriting Executable Files to Measure Program Behavior," Tech. Report 1083, Univ. of Wisconsin, 1992.
- [4] The NetBSD project, <http://www.netbsd.org/>.
- [5] Base64 (Wikipedia), <http://en.wikipedia.org/wiki/Base64>
- [6] Base64 Encode and Decode - Online, <https://www.base64encode.org/>
- [7] Getopt Long Option Example (The GNU C library), <https://www.gnu.org/>