



U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Electrónica

Organización de computadoras 66-20

TRABAJO PRÁCTICO #1

Conjunto de instrucciones MIPS

Curso: 2018 - 2do Cuatrimestre

Turno: Martes

GRUPO N°	
Integrantes	Padrón
Verón, Lucas	89341
Gamarra Silva, Cynthia Marlene	92702
Gatti, Nicolás	93570
Fecha de entrega:	30-10-2018
Fecha de aprobación:	
Calificación:	
Firma de aprobación:	

Observaciones:

Índice

Índice	1
1. Enunciado del trabajo práctico	2
2. Diseño e implementación	5
3. Parámetros del programa	7
4. Compilación del programa	8
5. Pruebas realizadas	9
5.1. Pruebas con archivo bash test-automatic.sh	9
5.2. Casos de prueba	13
6. Conclusiones	15
Referencias	15
A. Código fuente	16
A.0.1. main.c	16
A.0.2. Header file base64.h	23
A.0.3. Assembly base64.S	24
B. Stack frame	40
B.1. Stack frame base_64decode	40
B.2. Stack frame base_64encode	40
B.3. Stack frame decodeChar	41
B.4. Stack frame decode	42
B.5. Stack frame encode	43

1. Enunciado del trabajo práctico

66.20 Organización de Computadoras

Trabajo práctico 1: conjunto de instrucciones MIPS

\$Date: 2018/10/14 03:07:24 \$

1. Objetivos

Familiarizarse con el conjunto de instrucciones MIPS y el concepto de ABI, extendiendo un programa que resuelva el problema descrito en la sección 4.

2. Alcance

Este trabajo práctico es de elaboración grupal, evaluación individual, y de carácter obligatorio para todos alumnos del curso.

3. Requisitos

El informe deberá ser entregado personalmente, por escrito, en la fecha estipulada, con una carátula que contenga los datos completos de todos los integrantes.

Además, es necesario que el trabajo práctico incluya (entre otras cosas, ver sección 6), la presentación de los resultados obtenidos, explicando, cuando corresponda, con fundamentos reales, las causas o razones de cada caso.

4. Descripción

En este trabajo, se reimplementará parcialmente en assembly MIPS el programa desarrollado en el trabajo práctico anterior [1].

Para esto, se requiere reescribir el programa, de forma tal que quede organizado de la siguiente forma:

- `main.c`: contendrá todo el código necesario para el procesamiento de las opciones de línea de comandos, apertura y cierre de archivos (de ser necesario), y reporte de errores (`stderr`). Desde aquí se llama a las funciones de encoding y decoding siguientes.

- **base64.S**: contendrá el código MIPS32 assembly con las funciones **base64_encode()** y **base64_decode()**, y las funciones y estructuras de datos auxiliares para realizar los cómputo de encoding y decoding, que los alumnos crean convenientes. También contendrá la definición en assembly de un vector equivalente al siguiente vector C: **const char* errmsg[]**. Dicho vector contendrá los mensajes de error que las funciones antes mencionadas puedan generar, y cuyo índice es el código de error devuelto por las mismas.
- Los header files pertinentes (al menos, **base64.h**, con los prototipos de las funciones mencionadas, a incluir en **main.c**), y la declaración del vector **extern const char* errmsg[]**).

A su vez, las funciones MIPS32 **base64_encode()** y **base64_decode()** antes mencionadas, corresponden a los siguientes prototipos C:

- **int base64_encode(int infd, int outfd)**
- **int base64_decode(int infd, int outfd)**

Ambas funciones reciben por **infd** y **outfd** los file descriptors correspondientes a los archivos de entrada y salida pre-abiertos por **main.c**, la primera función realizará el encoding a base 64 de su entrada, y la segunda función el decoding de base 64 de su entrada.

Ante un error, ambas funciones volverán con un código de error numérico (índice del vector de mensajes de error de **base64.h**), o cero en caso de realizar el procesamiento de forma exitosa.

5. Implementación

El programa a implementar deberá satisfacer algunos requerimientos mínimos, que detallamos a continuación:

5.1. ABI

Será necesario que el código presentado utilice la ABI explicada en clase ([2] y [3]).

5.2. Syscalls

Es importante aclarar que desde el código assembly no podrán llamarse funciones que no fueran escritas originalmente en assembly por los alumnos. Por lo contrario, desde el código C sí podrá (y deberá) invocarse código assembly.

Por ende, y atendiendo a lo planteado en la sección 4, los alumnos deberán invocar algunos de los system calls disponibles en NetBSD (en particular, **SYS.read** y **SYS.write**).

5.3. Casos de prueba

Es necesario que la implementación propuesta pase todos los casos incluidos tanto en el enunciado del trabajo anterior [1] como en el conjunto de pruebas suministrado en el informe del trabajo, los cuales deberán estar debidamente documentados y justificados.

5.4. Documentación

El informe deberá incluir una descripción detallada de las técnicas y procesos de desarrollo y debugging empleados, ya que forman parte de los objetivos principales del trabajo.

6. Informe

El informe deberá incluir al menos las siguientes secciones:

- Documentación relevante al diseño, desarrollo y debugging del programa;
- Comando(s) para compilar el programa;
- Las corridas de prueba, (sección 5.3) con los comentarios pertinentes;
- El código fuente completo, el cual deberá entregarse en formato digital compilable (incluyendo archivos de entrada y salida de pruebas);
- Este enunciado.

El informe deberá entregarse en formato impreso y digital.

7. Fechas

- Vencimiento: 30/10/2018.

Referencias

- [1] Enunciado del primer trabajo práctico (TP0), primer cuatrimestre de 2018.
- [2] System V application binary interface, MIPS RISC processor supplement (third edition). Santa Cruz Operations, Inc.
- [3] MIPS ABI: Function Calling Convention, Organización de computadoras - 66.20 (archivo "func_call_conv.pdf", <http://groups.yahoo.com/groups/orga-comp/Material/>).

2. Diseño e implementación

Tomando como referencia el Trabajo Práctico #0 en donde el programa contenía la lógica tanto del codificador y decodificador y de otras funciones auxiliares, para este nuevo programa, se requirió re-escribirlo, de forma tal que quede organizado de la siguiente forma:

- **main.c**: contendrá todo el código necesario para el procesamiento de las opciones de línea de comandos, apertura y cierre de archivos (de ser necesario), y reporte de errores (stderr). Desde aquí se llama a las funciones de encoding y decoding siguientes.
- **base64.S**: contendrá el código MIPS32 assembly con las funciones `base64_encode()` y `base64_decode()`, y las funciones y estructuras de datos auxiliares para realizar los cómputo de encoding y decoding, que los alumnos crean convenientes. También contendrá la definición en assembly de un vector equivalente al siguiente vector C: `const char errmsg[]`. Dicho vector contendrá los mensajes de error que las funciones antes mencionadas puedan generar, y cuyo índice es el código de error devuelto por las mismas.
- Los header files pertinentes (al menos, `base64.h`, con los prototipos de las funciones mencionadas, a incluir en ***main.c***), y la declaración del vector extern `const char errmsg[]`.

A su vez, las funciones MIPS32 `base64_encode()` y `base64_decode()` antes mencionadas, corresponden a los siguientes prototipos C:

```

1      int base64_encode(int infd, int outfd)
2      int base64_decode(int infd, int outfd)
3
```

Ambas funciones reciben por *infd* y *outfd* los *file descriptors* correspondientes a los archivos de entrada y salida pre-abiertos por ***main.c***, la primera función realizará el encoding a base 64 de su entrada, y la segunda función el decoding de base 64 de su entrada. Ante un error, ambas funciones volverán con un código de error numérico índice del vector de mensajes de error de ***base64.h***, o cero en caso de realizar el procesamiento de forma exitosa.

El programa implementado satisface los siguientes requerimientos, que se detallan a continuación:

- **ABI**
El código presentado utilice la ABI explicada en clase([2] y [3]).
- **Syscalls**
Se aclara que desde el código assembly no se llaman funciones que no son escritas originalmente en assembly. Por lo contrario, desde el código C sí se invoca código assembly, particularmente se invocan algunos de los system calls disponibles en NetBSD (en particular, ***SYS_read*** y ***SYS_write***).

Como en el Trabajo Práctico #0, el programa se estructura en los siguientes pasos:

- Análisis de las parámetros de la línea de comandos: se analizan las opciones ingresadas por la línea de comandos utilizando la función `getopt_long()`, la cual puede procesar cada opción que es leída de forma simplificada. Se extraen los argumentos de cada opción y se los guarda dentro de una estructura para su posterior acceso del tipo `CommandOptions` cuya definición es

```

1      typedef struct {
2          File input;
3          File output;

```

```

4         const char* input_route;
5         const char* output_route;
6         char error;
7         char encode_opt;
8     } CommandOptions;
9

```

En caso de que no se encuentre alguna opción, se muestra el mensaje de ayuda al usuario para que identifique el prototipo de cómo debe ejecutar el programa.

- Validación de opciones: a medida que se va analizando cada opción de la línea de comandos, se valida cada una de ellas. Si se ingresó algún parámetro no válido para el programa o si se encontró un error se lo informa al usuario por pantalla y se aborta la ejecución del programa. Se utiliza para ello se la función `CommandErrArg()` cuyo resultado es:

```

1         fprintf(stderr, "Invalid Arguments\n");
2         fprintf(stderr, "Options:\n");
3         fprintf(stderr, "  -V, --version      Print version and quit.\n");
4         fprintf(stderr, "  -h, --help        Print this information.\n");
5         fprintf(stderr, "  -i, --input       Location of the input file.\n
6         ");
7         fprintf(stderr, "  -o, --output      Location of the output file.\n
8         ");
9         fprintf(stderr, "  -a, --action      Program action: encode (
10        default) or decode.\n");
11        fprintf(stderr, "Examples:\n");
12        fprintf(stderr, "  tp0 -a encode -i ~/input -o ~/output\n");
13        fprintf(stderr, "  tp0 -a decode\n");

```

Para el caso en que no hubo errores a la validación de los argumentos se procede a llamar a las funciones correspondientes a:

- **Mensaje de ayuda:** Función `CommandVersion()`
- **Mensaje de versión:** Función `CommandHelp()`
- **Input file :** Función `CommandSetInput()` que guarda la entrada del archivo donde será leído el texto.
- **Output file:** Función `CommandSetOutput()` que guarda la entrada del archivo de salida donde se escribirá el texto codificado.
- **Acción del programa a ejecutar:** Función `CommandSetEncodeOpt()` que setea la variable `opt` → `encode_opt` indicando si es una operación de ENCODE o DECODE respectivamente.
- Encode/Decode: una vez que se procesó correctamente las opciones de la línea de comandos se procede a llamar a las funciones correspondientes que ejecutarán la operación de ENCODE o DECODE dependiendo del argumento pasado en la línea de comandos. Como se especifico más arriba está parte del programa es implementada en lenguaje assembly MIPS y cumplen lo siguientes:
 - **DECODE**
 La operación de DECODE está implementada en el archivo ***decode.S*** que contiene una función `Decode()` que básicamente lo que realiza es la lectura del archivo para procesarlo

teniendo en cuenta la longitud del archivo a procesar y el padding a decodificar. Esta función recibe los files descriptor de entrada y salida procesándolo, según la ABI requerida y luego en la salida si no hubo errores se retorna cero sino se retorna un código de error numérico .

- ENCODE

La operación de ENCODE está implementada en el archivo **encode.S** que contiene una función **Encode()** que básicamente lo que realiza es la lectura del archivo para procesarlo teniendo en cuenta la longitud del archivo a procesar y el padding a decodificar. Esta función recibe los files descriptor de entrada y salida procesándolo, según la ABI requerida y luego en la salida si no hubo errores se retorna cero sino se retorna un código de error numérico .

- base64_encode

La función recibe por parámetro a *infd* y *outfd*, los *file descriptors* correspondientes a los archivos de entrada y salida pre-abiertos por **main.c**. La función realiza el encoding a base 64 en assembly **MIPS**, cumpliendo con lo requerido por la **ABI** , de la entrada de datos, y vuelca el resultado en el archivo de salida. Ante un error, la función volverá un código de error numérico índice del vector de mensajes de error de **base64.h**), o cero en caso de realizar el procesamiento de forma exitosa.

- base64_decode

La función recibe por parámetro a *infd* y *outfd*, los *file descriptors* correspondientes a los archivos de entrada y salida pre-abiertos por **main.c**. La función realiza el decoding a base 64 en assembly **MIPS**, cumpliendo con lo requerido por la **ABI**, de la entrada de datos, y vuelca el resultado en el archivo de salida. Ante un error, la función volverá un código de error numérico índice del vector de mensajes de error de **base64.h**), o cero en caso de realizar el procesamiento de forma exitosa.

3. Parámetros del programa

Se detallan a continuación los parámetros del programa

- -h: Visualiza la ayuda del programa, en la que se indican los parámetros y sus objetivos.
- -V: Indica la versión del programa.
- -i: Archivo de entrada del programa.
- -o: Archivo de salida del programa.
- -a: Acción a llevar a cabo: codificación(default) o decodificación.

Se indica a continuación detalles respecto a los parámetros:

- Si no se explicitan -i y -o, se utilizarán stdin y stdout, respectivamente.
- -V es una opción “show and quit”. Si se explicita este parámetro, sólo se imprimirá la versión, aunque el resto de los parámetros se hayan explicitado.
- -h también es de tipo “show and quit” y se comporta de forma similar a -V.
- en caso de que se use la entrada estándar (con comando `echo texto | ./tp0 -a encode`) y luego se especifique un archivo de salida con -i, prevalecerá el establecido por parámetro.

4. Compilación del programa

Para ejecutarlo, posicionarse en el directorio `src/` y ejecutar el siguiente comando:

```
1 $ gcc -std=c99 -Wall -pedantic -Werror -O0 -ggdb -o tp1 main.c base64
```

Para proceder a la ejecución del programa, se debe llamar a:

```
1 $ ./tp1
```

seguido de los parámetros que se desee modificar, los cuales se indicaron en la sección 1.2.

En caso de ser entrada estándar (stdin) se podrá ejecutar de la siguiente forma:

```
1 $ echo texto | ./tp1 -a encode
```

También en este caso, se indican a continuación los parámetros a usar.

5. Pruebas realizadas

5.1. Pruebas con archivo bash test-automatic.sh

Para la ejecución del siguiente script se debe copiar, se debe ubicar el archivo ejecutable compilado dentro de la carpeta de test para que se ejecuten correctamente las pruebas. El script sería:

```

1  #!/bin/bash
2
3  echo
4  "#####"
5  echo "##### Tests automaticos
6  #####"
7  echo
8  "#####"
9
10 echo
11
12 echo "Se guardaran los archivos resultantes de los tests en el directorio outputs"
13
14 if [ -d "./outputs" ]
15 then
16     echo "El directorio outputs existe, por lo tanto se elimina su contenido."
17     rm -r outputs/*
18 else
19     echo "El directorio outputs no existe, por lo tanto se creara."
20     mkdir outputs
21 fi
22 echo
23 echo "##### COMIENZA test ejercicio 0 archivo vacio
24 #####"
25 touch ./outputs-aut/zero.txt
26 ./tp1 -a encode -i ./outputs-aut/zero.txt -o ./outputs-aut/zero.txt.b64
27 ls -l ./outputs-aut/zero.txt.b64
28
29 if diff -b ./outputs-aut/zero.txt ./outputs-aut/zero_ok.txt; then
30     echo "[OK]";
31 else echo ERROR;
32 fi
33
34 echo "##### FIN test ejercicio 0 archivo vacio
35 #####"
36 echo
37 "#####"
38
39 echo "##### COMIENZA test ejercicio 1 archivo vacio sin -a
40 #####"
41
42 touch ./outputs-aut/zero.txt
43 ./tp1 -i ./outputs-aut/zero.txt -o ./outputs-aut/zero.txt.b64
44 ls -l ./outputs-aut/zero.txt.b64
45
46 if diff -b ./outputs-aut/zero.txt ./outputs-aut/zero_ok.txt; then
47     echo "[OK]";
48 else echo ERROR;
49 fi

```

```

41
42 echo "##### FIN test ejercicio 1 archivo vacio sin -a
   #####"
43 echo
   "#####"
44 echo "##### COMIENZA test ejercicio 2 stdin y stdout
   #####"
45
46 echo -n Man | ./tp1 -a encode > ./outputs/outputEncode.txt
47 if diff -b ./outputs-aut/outputEncode-aut.txt ./outputs/outputEncode.txt; then echo
   "[OK]"; else
48     echo ERROR;
49 fi
50
51 echo "##### FIN test ejercicio 2 stdin y stdout
   #####"
52 echo
   "#####"
53 echo "#-----# COMIENZA test ejercicio 3 stdin y stdout #-----#"
54
55 echo -n TWFu | ./tp1 -a decode > ./outputs/outputDecode.txt
56 if diff -b ./outputs-aut/outputDecode-aut.txt ./outputs/outputDecode.txt; then echo
   "[OK]"; else
57     echo ERROR;
58 fi
59
60 echo "##### FIN test ejercicio 3 stdin y stdout
   #####"
61 echo
   "#####"
62 echo "#-----# COMIENZA test menu help (-h) #-----#"
63
64 ./tp1 -h > ./outputs/outputMenuH.txt
65
66 if diff -b ./outputs-aut/outputMenuHelp-aut.txt ./outputs/outputMenuH.txt; then echo
   "[OK]"; else
67     echo ERROR;
68 fi
69
70 echo "##### FIN test menu version (-h)
   #####"
71 echo
   "#####"
72 echo "##### COMIENZA test menu help (--help)
   #####"
73
74 ./tp1 --help > ./outputs/outputMenuHelp.txt
75
76 if diff -b ./outputs-aut/outputMenuHelp-aut.txt ./outputs/outputMenuHelp.txt; then
   echo "[OK]"; else
77     echo ERROR;
78 fi
79

```

```

80 echo "##### FIN test menu version (--help)
    #####"
81 echo
    "#####"

82 echo "##### COMIENZA test menu version (-V)
    #####"
83
84 ./tp1 -V > ./outputs/outputMenuV.txt
85
86 if diff -b ./outputs-aut/outputMenuVersion-aut.txt ./outputs/outputMenuV.txt; then
    echo "[OK]"; else
87     echo ERROR;
88 fi
89 echo "##### FIN test menu version (-V)
    #####"
90 echo
    "#####"

91 echo "##### COMIENZA test menu version (--version)
    #####"
92
93 ./tp1 --version > ./outputs/outputMenuVersion.txt
94
95 if diff -b ./outputs-aut/outputMenuVersion-aut.txt ./outputs/outputMenuVersion.txt;
    then echo "[OK]"; else
96     echo ERROR;
97 fi
98 echo "##### FIN test menu version (--version)
    #####"
99 echo
    "#####"

100 echo "##### COMIENZA test ejercicio encode/decode
    #####"
101
102 echo xyz | ./tp1 -a encode | ./tp1 -a decode | od -t c
103
104 echo "##### FIN test ejercicio encode
    #####"
105 echo
    "#####"

106 echo "##### COMIENZA test ejercicio longitud maxima 76
    #####"
107
108 yes | head -c 1024 | ./tp1 -a encode > ./outputs/outputSize76.txt
109
110 if diff -b ./outputs-aut/outputSize76-aut.txt ./outputs/outputSize76.txt; then echo
    "[OK]"; else
111     echo ERROR;
112 fi
113
114 echo "##### FIN test ejercicio longitud maxima 76
    #####"
115 echo
    "#####"

```

```

116 echo "##### COMIENZA test ejercicio decode 1024
      #####"
117
118 yes | head -c 1024 | ./tp1 -a encode | ./tp1 -a decode | wc -c > ./outputs/
      outputSize1024.txt
119
120 if diff -b ./outputs-aut/outputSize1024-aut.txt ./outputs/outputSize1024.txt; then
      echo "[OK]"; else
121     echo ERROR;
122 fi
123
124 echo "##### FIN test ejercicio decode 1024
      #####"
125 echo
      "#####"

126 echo "##### COMIENZA test ejercicio encode/decode random
      #####"
127
128 n=1;
129 while ;; do
130 #while [$n -lt 10]; do
131 head -c $n </dev/urandom >/tmp/in.bin;
132 ./tp1 -a encode -i /tmp/in.bin -o /tmp/out.b64;
133 ./tp1 -a decode -i /tmp/out.b64 -o /tmp/out.bin;
134 if diff /tmp/in.bin /tmp/out.bin; then ;; else
135 echo ERROR: $n;
136 break;
137 fi
138 echo [OK]: $n;
139 n='expr $n + 1';
140 rm -f /tmp/in.bin /tmp/out.b64 /tmp/out.bin
141 done
142
143 echo "##### FIN test ejercicio encode/decode random
      #####"
144 echo
      "#####"

145
146 echo
147
148 echo
      "#####"

149 echo "##### FIN Tests automaticos
      #####"
150 echo
      "#####"

```

El cual no presenta errores en ninguna de las corridas llevadas a cabo.

5.2. Casos de prueba

Todas las pruebas que se presentan a continuación, están codificadas en los archivos de prueba `***.txt` de forma que puedan ejecutarse y comprobar los resultados obtenidos.

Se indicaran a continuación lo siguiente: comandos para ejecutarlas, líneas de código que las componen y resultado esperado.

■ *Mensaje de ayuda*

Ejecutando el comando:

```
1 $ ./tp1 -h o ./tp1 --help
2
1 Options:
2 -V, --version      Print version and quit.
3 -h, --help         Print this information.
4 -i, --input         Location of the input file.
5 -o, --output        Location of the output file.
6 -a, --action        Program action: encode (default) or decode.
7 Examples:
8 tp1 -a encode -i ~/input -o ~/output
9 tp1 -a decode
```

■ *Mensaje de version*

Ejecutando el comando:

```
1 $ ./tp1 -V o ./tp1 --version
2
1 Version: 0.2
```

■ *Archivo vacío*

Ejecutando el comando:

```
1 $ ./tp1 -a encode -i ./outputs-aut/zero.txt -o ./outputs-aut/zero.txt.b64
2
```

■ *Codificación*

Ejecutando el comando:

```
1 $ echo -n Man | ./tp1 -a encode
2
1 TWFu
```

■ *Decodificación*

Ejecutando el comando:

```
1 $ echo -n TWFu | ./tp1 -a decode
2
1 Man
```

- *Test de verificación para que el programa no genere líneas con más de 76 de longitud*
Ejecutando el comando:

```

1 $ yes | head -c 1024 | ./tp1 -a encode
2
1 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
2 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
3 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
4 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
5 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
6 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
7 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
8 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
9 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
10 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
11 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
12 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
13 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
14 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
15 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
16 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
17 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
18 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkK
19 eQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5CnkKeQp5Cg==

```

- *Verificamos que la cantidad de líneas sea 1024*

Ejecutando el comando:

```

1 $ yes | head -c 1024 | ./tp1 -a encode | ./tp1 -a decode | wc -c
2
1      1024

```

6. Conclusiones

El trabajo práctico nos permitió desarrollar una API para procesar archivos transformándolos a su equivalente `base64` en lenguaje C y, en parte, en lenguaje assembly MIPS para la codificación y decodificación de los archivos. Además, nos permitió familiarizarnos con las `syscalls` para el llamado de las funciones en lenguaje assembly y el consecuente análisis y desarrollo de código assembler MIPS utilizando el emulador GXemul.

Referencias

- [1] Enunciado del primer trabajo práctico (TP0), primer cuatrimestre de 2018.
- [2] Base64 (Wikipedia) <http://en.wikipedia.org/wiki/Base64>
- [3] The NetBSD project, <http://www.netbsd.org/>
- [4] Kernighan, B. W. - Ritchie, D. M. - *C Programming Language* - 2nd edition - Prentice Hall - 1988.
- [5] *GNU Make* - <https://www.gnu.org/software/make/>
- [6] *Valgrind* - <http://valgrind.org/>
- [7] MIPS ABI: Function Calling, Convention Organización de computadoras(66.20) en archivo "func call conv.pdf" y enlace <http://groups.yahoo.com/groups/orga-comp/Material/>
- [8] System V application binary interface, MIPS RISC processor supplement (third edition). Santa Cruz Operations, Inc.

A. Código fuente

A.0.1. main.c

```

1  /**
2   * Created by gatti2602 on 12/09/18.
3   * Main
4   */
5
6  #define FALSE 0
7  #define TRUE 1
8
9  #include <getopt.h>
10 #include <string.h>
11 #include <stdlib.h>
12 #include <errno.h>
13 #include <stdio.h>
14
15 #define CMD_ENCODE 1
16 #define CMD_DECODE 0
17 #define CMD_NOENCODE 2
18 #define FALSE 0
19 #define TRUE 1
20 #define ERROR 1
21 #define OK 0
22
23 #include "base64.h"
24
25 /*****
26  * DECLARACION DE FUNCIONES *
27  *****/
28
29 typedef struct{
30     FILE* file;
31     char eof;
32 } File;
33
34 typedef struct {
35     File input;
36     File output;
37     const char* input_route;
38     const char* output_route;
39     char error;
40     char encode_opt;
41 } CommandOptions;
42
43 /**
44  * Inicializa TDA CommandOptions
45  * Pre: Puntero a Command Options escribible
46  * Post: CommandOptions Inicializados a valores por default
47  * Valores default:
48  *     input: stdin
49  *     output stdout
50  *     error: FALSE
51  *     encode_opt: decode
52  */
53 void CommandCreate(CommandOptions* opt);

```

```
54
55 /**
56  * Setea ruta de entrada
57  * Pre: ruta valida
58  * Post: ruta lista para abrir file
59  */
60 void CommandSetInput(CommandOptions* opt, const char* input);
61
62 /**
63  * Setea ruta de salida
64  * Pre: ruta valida
65  * Post: ruta lista para abrir file
66  */
67 void CommandSetOutput(CommandOptions* opt, const char* output);
68
69 /**Setea Command Option
70  * Pre: opt inicializado
71  * Post: Setea el encoding.
72  *      Si string no es encode/decode setea opt error flag.
73  */
74 void CommandSetEncodeOpt(CommandOptions* opt, const char* encode_opt);
75
76 /**
77  * Devuelve el flag de error
78  */
79 char CommandHasError(CommandOptions *opt);
80
81 /**
82  * Indica que hubo un error
83  */
84 void CommandSetError(CommandOptions *opt);
85
86 /**
87  * Ejecuta el comando
88  * Pre: Asume parametros previamente validados y ok
89  * Post: Ejecuta el comando generando la salida esperada
90  *      Devuelve 0 si error y 1 si OK.
91  */
92 char CommandProcess(CommandOptions* opt);
93
94 /**
95  * Help Command
96  * Imprime por salida estandar los distintos comandos posibles.
97  * Pre: N/A
98  * Post: N/A
99  */
100 void CommandHelp();
101
102 /**
103  * Imprime la ayuda por la salida de errores
104  */
105 void CommandErrArg();
106
107 /**
108  * Version Command
109  * Imprime por salida estandar la version del codigo
110  * Pre: N/A
111  * Post: N/A
```

```

112 */
113 void CommandVersion();
114
115 /**
116 * Recibe los archivos abiertos y debe ejecutar la operacion de codificacion
117 * Pre: opt->input posee el stream de entrada
118 *      opt->output posee el stream de salida
119 *      opt->encode_opt posee la opcion de codificacion
120 * Post: Datos procesados y escritos en el stream, si error devuelve 0, sino 1.
121 */
122 char _CommandEncodeDecode(CommandOptions *opt);
123
124 /**
125 * Construye el TDA.
126 * Post: TDA construido
127 */
128 void FileCreate(File *f);
129
130 /**
131 * Abre un File, devuelve 0 (NULL) si falla
132 * Pre: Ptr a File Inicializado ,
133 *      Ruta a archivo, si es 0 (NULL) utiliza stdin
134 */
135 char FileOpenForRead(File* file, const char* route);
136
137 /**
138 * Abre un File, devuelve 0 (NULL) si falla
139 * Pre: Ptr a File Inicializado ,
140 *      Ruta a archivo, si es 0 (NULL) utiliza stdout
141 */
142 char FileOpenForWrite(File* file, const char* route);
143
144 /*
145 * Cierra archivo abierto
146 * Pre: Archivo previamente abierto
147 */
148 int FileClose(File* file);
149
150 /*****
151 * FIN: DECLARACION DE FUNCIONES *
152 *****/
153
154 /*****
155 * DEFINICION DE FUNCIONES *
156 *****/
157
158 void CommandHelp(){
159     printf("Options:\n");
160     printf("  -V, --version      Print version and quit.\n");
161     printf("  -h, --help         Print this information.\n");
162     printf("  -i, --input        Location of the input file.\n");
163     printf("  -o, --output        Location of the output file.\n");
164     printf("  -a, --action        Program action: encode (default) or decode.\n");
165     printf("Examples:\n");
166     printf("  tp1 -a encode -i ~/input -o ~/output\n");
167     printf("  tp1 -a decode\n");
168 }
169

```

```

170 void CommandVersion() {
171     printf("Version: 0.2\n");
172 }
173
174 void CommandCreate(CommandOptions *opt) {
175     FileCreate(&opt->input);
176     FileCreate(&opt->output);
177     opt->error = FALSE;
178     opt->encode_opt = CMD_ENCODE;
179     opt->input_route = 0;
180     opt->output_route = 0;
181 }
182
183 void CommandSetInput(CommandOptions *opt, const char *input) {
184     opt->input_route = input;
185 }
186
187 void CommandSetOutput(CommandOptions *opt, const char *output) {
188     opt->output_route = output;
189 }
190
191 void CommandSetEncodeOpt(CommandOptions *opt, const char *encode_opt) {
192     if(strcmp(encode_opt, "decode") == 0) {
193         opt->encode_opt = CMD_DECODE;
194     } else {
195         opt->encode_opt = CMD_ENCODE;
196     }
197 }
198
199 char CommandHasError(CommandOptions *opt) {
200     return opt->error || opt->encode_opt == CMD_NOENCODE;
201 }
202
203 void CommandSetError(CommandOptions *opt) {
204     opt->error = TRUE;
205 }
206
207 char CommandProcess(CommandOptions *opt) {
208     opt->error = FileOpenForRead(&opt->input, opt->input_route);
209
210     if(opt->error != ERROR){
211         opt->error = FileOpenForWrite(&opt->output, opt->output_route);
212
213         if(opt->error != ERROR){
214             opt->error = _CommandEncodeDecode(opt);
215             FileClose(&opt->input);
216             FileClose(&opt->output);
217         } else {
218             FileClose(&opt->input);
219         }
220     }
221     return opt->error;
222 }
223
224 char _CommandEncodeDecode(CommandOptions *opt) {
225     if(opt->encode_opt == CMD_ENCODE){
226         int filein = fileno((opt->input).file);
227         int fileout = fileno((opt->output).file);

```

```

228     int res = base64_encode(filein, fileout);
229     if(res != 0)
230         fprintf(stderr, "%s\n",errmsg[res]);
231
232 }
233
234 if (opt->encode_opt == CMD_DECODE) {
235     int filein = fileno((opt->input).file);
236     int fileout = fileno((opt->output).file);
237     int res = base64_decode(filein, fileout);
238     if(res != 0)
239         fprintf(stderr, "%s\n",errmsg[res]);
240 }
241
242 return opt->error;
243 }
244
245 void CommandErrArg() {
246     fprintf(stderr, "Invalid Arguments\n");
247     fprintf(stderr, "Options:\n");
248     fprintf(stderr, "  -V, --version    Print version and quit.\n");
249     fprintf(stderr, "  -h, --help      Print this information.\n");
250     fprintf(stderr, "  -i, --input      Location of the input file.\n");
251     fprintf(stderr, "  -o, --output     Location of the output file.\n");
252     fprintf(stderr, "  -a, --action     Program action: encode (default) or decode.\n");
253 };
254 fprintf(stderr, "Examples:\n");
255 fprintf(stderr, "  tp1 -a encode -i ~/input -o ~/output\n");
256 fprintf(stderr, "  tp1 -a decode\n");
257 }
258
259 void FileCreate(File *file){
260     file->file = 0;
261     file->eof = 0;
262 }
263
264 char FileOpenForRead(File* file, const char *route ){
265     if(route == NULL) {
266         file->file = stdin;
267     } else {
268         file->file = fopen(route, "rb");
269         if (file->file == NULL) {
270             int err = errno;
271             fprintf(stderr, "File Open Error; %s\n", strerror(err));
272             return ERROR;
273         }
274     }
275     return OK;
276 }
277
278 char FileOpenForWrite(File* file, const char *route ) {
279     if(route == NULL) {
280         file->file = stdout;
281     } else {
282         file->file = fopen(route, "wb");
283         if (file->file == NULL) {
284             int err = errno;
285             fprintf(stderr, "File Open Error; %s\n", strerror(err));

```

```

285         return ERROR;
286     }
287 }
288 return OK;
289 }
290
291 int FileClose(File* file){
292     if(file->file == stdin || file->file == stdout)
293         return OK;
294
295     int result = fclose(file->file);
296     if (result == EOF){
297         int err = errno;
298         fprintf(stderr, "File Close Error; %s\n", strerror(err));
299         return ERROR;
300     }
301     return OK;
302 }
303
304 /*****
305  * FIN: DEFINICION DE FUNCIONES *
306  *****/
307
308 int main(int argc, char** argv) {
309     struct option arg_long[] = {
310         {"input",    required_argument,  NULL,    'i'},
311         {"output",   required_argument,  NULL,    'o'},
312         {"action",   required_argument,  NULL,    'a'},
313         {"help",     no_argument,        NULL,    'h'},
314         {"version",  no_argument,        NULL,    'V'},
315     };
316     char arg_opt_str[] = "i:o:a:hV";
317     int arg_opt;
318     int arg_opt_idx = 0;
319     char should_finish = FALSE;
320
321     CommandOptions cmd_opt;
322     CommandCreate(&cmd_opt);
323
324     while((arg_opt =
325         getopt_long(argc, argv, arg_opt_str, arg_long, &arg_opt_idx)) !=
326         -1 && !should_finish) {
327         switch(arg_opt){
328             case 'i':
329                 if(strcmp(optarg, "-") != 0)
330                     CommandSetInput(&cmd_opt, optarg);
331                 break;
332             case 'o':
333                 if(strcmp(optarg, "-") != 0)
334                     CommandSetOutput(&cmd_opt, optarg);
335                 break;
336             case 'h':
337                 CommandHelp();
338                 should_finish = TRUE;
339                 break;
340             case 'V':
341                 CommandVersion();
342                 should_finish = TRUE;

```

```
342         break;
343     case 'a':
344         CommandSetEncodeOpt(&cmd_opt, optarg);
345         break;
346     default:
347         CommandSetError(&cmd_opt);
348         break;
349     }
350 }
351
352 if(should_finish)
353     return 0;
354
355 if(!CommandHasError(&cmd_opt)) {
356     CommandProcess(&cmd_opt);
357 } else {
358     CommandErrArg();
359     return 1;
360 }
361 return 0;
362 }
```

A.0.2. Header file base64.h

```
1 #ifndef TP1_BASE64_H
2 #define TP1_BASE64_H
3
4 extern const char* errmsg[];
5
6 int base64_encode(int infd, int outfd);
7 int base64_decode(int infd, int outfd);
8
9 #endif
```


A.0.3. Assembly base64.S

```

1  #include <mips/regdef.h>
2  #include <sys/syscall.h>
3
4  #define STACK_FRAME_ENCODE 16
5
6  #define OFFSET_OUTPUT_ENCODE 24
7  #define OFFSET_LENGTH_ENCODE 20
8  #define OFFSET_BUFFER_ENCODE 16
9  #define OFFSET_FP_ENCODE 12
10 #define OFFSET_GP_ENCODE 8
11
12 #define OFFSET_B4_AUX 7
13 #define OFFSET_B3_AUX_2 6
14 #define OFFSET_B3_AUX 5
15 #define OFFSET_B2_AUX 4
16 #define OFFSET_B1_AUX 3
17 #define OFFSET_B3 2
18 #define OFFSET_B2 1
19 #define OFFSET_B1 0
20 #define EQUAL_CHAR 61
21
22 #define RETURN_OK 1
23 #define DECODE_ERROR 100
24 #define SIZE_DECODE_CHAR 4
25
26 #define SHIFT_2 2
27 #define SHIFT_4 4
28 #define SHIFT_6 6
29
30 #define EQUAL_CHAR 61
31
32 #define STACK_FRAME_DECODECHAR 28
33
34 #define OFFSET_RA_DECODECHAR 24
35 #define OFFSET_FP_DECODECHAR 20
36 #define OFFSET_GP_DECODECHAR 16
37 #define OFFSET_RETURN_DECODECHAR 8
38 #define OFFSET_I_DECODECHAR 4
39 #define OFFSET_CHARACTER_DECODECHAR 0
40
41 #define STACK_FRAME_DECODE 32//64
42
43 #define OFFSET_BUFFER_OUTPUT_ENCODE 36//68
44 #define OFFSET_BUFFER_INPUT_ENCODE 32//64
45 #define OFFSET_RA_DECODE 24//28//60
46 #define OFFSET_FP_DECODE 20//24//56
47 #define OFFSET_GP_DECODE 16//20//52
48 // #define OFFSET_SO_DECODE 16//48
49 #define OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE 13//37
50 #define OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE 12//36
51 #define OFFSET_I_DECODE 8//32
52 #define OFFSET_CHARS3_ENCODE 7//27
53 #define OFFSET_CHARS2_ENCODE 6//26
54 #define OFFSET_CHARS1_ENCODE 5//25
55 #define OFFSET_CHARS0_ENCODE 4//24
56 #define OFFSET_RETURN_ENCODE 0//20

```

```

57
58     .data
59     .align 2
60 sep:  .ascii  "\n"
61 pad:  .ascii  "="
62
63 errmsg:
64     .word base64_ok, base64_err1, base64_err2, base64_err3
65     .size errmsg, 16
66 base64_ok:
67     .asciiiz "OK"
68 base64_err1:
69     .asciiiz "I/O Error"
70 base64_err2:
71     .asciiiz "File no es multiplo de 4"
72 base64_err3:
73     .asciiiz "File contiene caracteres invalidos"
74     .text
75     .align 2
76     .globl base64_encode
77     .ent base64_encode
78 base64_encode:
79     // debugging info: descripcion del stack frame
80     .frame $fp, 40, ra // $fp: registro usado como frame pointer
81                       // 32: tamaño del stack frame
82                       // ra: registro que almacena el return address
83
84     // bloque para código PIC
85     .set noreorder // apaga reordenamiento de instrucciones
86     .cpload t9 // directiva usada para código PIC
87     .set reorder // enciende reordenamiento de instrucciones
88     // creo stack frame
89     subu sp, sp, 40 // 4 (SRA) + 2 (LTA) + 4 (ABA)
90     // directiva para código PIC
91     .cpstore 24 // inserta aquí "sw gp, 24(sp)",
92                // mas "lw gp, 24(sp)" luego de cada jal.
93     // salvado de callee-saved regs en SRA
94     sw $fp, 28(sp)
95     sw ra, 32(sp)
96     // de aquí al fin de la función uso $fp en lugar de sp.
97     move $fp, sp
98     // salvo 1er arg (siempre)
99     sw a0, 40($fp) // a0 contiene file input
100    sw a1, 44($fp) // a1 contiene file output
101    li s1, 0 // count = 0
102
103    //Limpio input para read
104    base64_encode_loop:
105        sw zero, 20($fp) //input = 0
106
107    //Leo archivo
108    lw a0, 40($fp)
109    addi a1, $fp, 20
110    li a2, 3
111    li v0, SYS_read
112    syscall
113    beqz v0, base64_encode_return_ok //Si no lei nada finalizo
114    blt v0, 0, base64_encode_io_error
115    //Paso parametros y llamo a Encode

```

```

115     addi    a0, $fp, 20
116     move    a1, v0
117     addi    a2, $fp, 16
118     la      t9, Encode
119     jal     ra, t9
120
121     //Grabo en file
122     lw      a0, 44($fp)    // File descriptor out
123     addi    a1, $fp, 16    // Apunto a buffer out
124     li      a2, 4          // length = 4
125     li      v0, SYS_write
126     syscall
127     addi    s1, s1, 1      // count++
128     bne     s1, 18, base64_encode_loop // Si count = 18 agrego un salto
129     lw      a0, 44($fp)    // file out
130     la      a1, sep        // sep = '\n'
131     li      a2, 1          // length = 4
132     li      v0, SYS_write
133     syscall
134     li      s1, 0
135     j       base64_encode_loop
136
137 base64_encode_return_ok:    // return;
138     li      v0, 0
139     j       base64_encode_return
140 base64_encode_io_error:
141     li      v0, 1
142     // restauro callee-saved regs
143 base64_encode_return:
144     lw      gp, 24(sp)
145     lw      $fp, 28(sp)
146     lw      ra, 32(sp)
147     // destruyo stack frame
148     addu    sp, sp, 40
149     // vuelvo a funcion llamante
150     jr      ra
151     .end    base64_encode
152     .size   base64_encode, .-base64_encode
153
154     .globl  base64_decode
155     .ent    base64_decode
156 base64_decode:
157     // debugging info: descripcion del stack frame
158     .frame  $fp, 56, ra    // $fp: registro usado como frame pointer
159                                // 56: tamaño del stack frame
160                                // ra: registro que almacena el return address
161     // bloque para código PIC
162     .set    noreorder      // apaga reordenamiento de instrucciones
163     .cload  t9             // directiva usada para código PIC
164     .set    reorder       // enciende reordenamiento de instrucciones
165     // creo stack frame
166     subu    sp, sp, 56     // 8 (SRA) + 2 (LTA) + 4 (ABA)
167     // directiva para código PIC
168     .cprestore 44          // inserta aquí "sw gp, 24(sp)",
169                                // mas "lw gp, 24(sp)" luego de cada jal.
170     // salvado de callee-saved regs en SRA
171     sw      $fp, 48(sp)
172     sw      ra, 52(sp)

```

```

173      sw      s1, 24(sp)
174      sw      s2, 28(sp)
175      sw      s3, 32(sp)
176      sw      s4, 36(sp)
177      sw      s5, 40(sp)
178      // de aqui al fin de la funcion uso $fp en lugar de sp.
179      move     $fp, sp
180      // salvo 1er arg (siempre)
181      sw      a0, 56($fp)    // a0 contiene file input
182      sw      a1, 60($fp)    // a1 contiene file output
183      li      s1, 0          // count = 0
184      la      s5, pad
185      lbu     s5, 0(s5)
186      //Limpio input para read
187 base64_decode_loop:
188      sw      zero, 20($fp)  //input = 0
189
190      //Leo archivo
191      lw      a0, 56($fp)
192      addi     a1, $fp, 20
193      li      a2, 4
194      li      v0, SYS_read
195      syscall
196      beqz    v0, base64_decode_return_ok    //Si no lei nada finalizo
197      blt     v0, 0, base64_decode_ioerror
198      blt     v0, 4, base64_decode_nomult
199      //Controlo si hay padding
200      li      s3, 0          //s3 = cant de padding a borrar
201      lbu     s2, 23($fp)    //s2 aux control padding
202      bne     s2, s5, ct11
203      addi    s3, s3, 1
204 ct11:
205      lbu     s2, 22($fp)    //s2 aux control padding
206      bne     s2, s5, ct12
207      addi    s3, s3, 1
208 ct12:
209      //Controlo salto de linea
210      addi    s1, s1, 1      // count++
211      bne     s1, 18, not_sep // Si count = 18 elimino un caracter
212      lw      a0, 56($fp)    // file in
213      addi    a1, $fp, 16     // grabo en out buffer, luego se pisa
214      li      a2, 1          // length = 1
215      li      v0, SYS_read
216      syscall
217      li      s1, 0
218      //Paso parametros y llamo a Decode
219 not_sep:
220      addi    a0, $fp, 20
221      addi    a1, $fp, 16
222      la      t9, Decode
223      jal     ra, t9
224
225      //Chequeo error
226      beq     v0, DECODE_ERROR, base64_decode_decode_err
227
228      //Grabo en file
229      lw      a0, 60($fp)    // File descriptor out
230      addi    a1, $fp, 16     // Apunto a buffer out

```

```

231         li      s4, 3
232         subu    a2, s4, s3      // a2 = 3 - cant de padding
233         li      v0, SYS_write
234         syscall
235         j base64_decode_loop
236 base64_decode_return_ok:
237         li v0, 0
238         j base64_decode_return
239 base64_decode_ioerror:
240         li v0, 1
241         j base64_decode_return
242 base64_decode_nomult:
243         li v0, 2
244         j base64_decode_return
245 base64_decode_decode_err:
246         li v0, 3
247 base64_decode_return: // return;
248         // restauro callee-saved regs
249         lw      gp, 44(sp)
250         lw      $fp, 48(sp)
251         lw      ra, 52(sp)
252         lw      s1, 24(sp)
253         lw      s2, 28(sp)
254         lw      s3, 32(sp)
255         lw      s4, 36(sp)
256         lw      s5, 40(sp)
257         // destruyo stack frame
258         addu    sp, sp, 56
259         // vuelvo a funcion llamante
260         jr      ra
261         .end    base64_decode
262         .size   base64_decode, .-base64_decode
263
264         //.file 1 "encode.c"
265         //.section .mdebug.abi32
266         //.previous
267         //.abicalls
268         .data
269         .align 2
270         .type   encoding_table, @object
271         .size   encoding_table, 64
272 encoding_table:
273         .byte   65
274         .byte   66
275         .byte   67
276         .byte   68
277         .byte   69
278         .byte   70
279         .byte   71
280         .byte   72
281         .byte   73
282         .byte   74
283         .byte   75
284         .byte   76
285         .byte   77
286         .byte   78
287         .byte   79
288         .byte   80

```

```

289      .byte      81
290      .byte      82
291      .byte      83
292      .byte      84
293      .byte      85
294      .byte      86
295      .byte      87
296      .byte      88
297      .byte      89
298      .byte      90
299      .byte      97
300      .byte      98
301      .byte      99
302      .byte     100
303      .byte     101
304      .byte     102
305      .byte     103
306      .byte     104
307      .byte     105
308      .byte     106
309      .byte     107
310      .byte     108
311      .byte     109
312      .byte     110
313      .byte     111
314      .byte     112
315      .byte     113
316      .byte     114
317      .byte     115
318      .byte     116
319      .byte     117
320      .byte     118
321      .byte     119
322      .byte     120
323      .byte     121
324      .byte     122
325      .byte      48
326      .byte      49
327      .byte      50
328      .byte      51
329      .byte      52
330      .byte      53
331      .byte      54
332      .byte      55
333      .byte      56
334      .byte      57
335      .byte      43
336      .byte      47
337
338      .type      encoding_table_size, @object
339      .size      encoding_table_size, 4
340 encoding_table_size:
341      .word      64
342
343      .text
344      .align     2
345      .globl     Encode
346      .ent       Encode

```

```

347
348          ///////////////  Función Encode  ///////////////
349
350 Encode:
351     .frame  $fp,STACK_FRAME_ENCODE,ra           // vars= 8, regs= 2/0, args=
352     0, extra= 8
353     // .mask 0x50000000,-4
354     // .fmask 0x00000000,0
355     .set    noreorder
356     .cpld   t9
357     .set    reorder
358
359     // Creación del stack frame
360     subu    sp,sp,STACK_FRAME_ENCODE
361
362     .cpstore 0
363     sw      $fp,OFFSET_FP_ENCODE(sp)
364     sw      gp,OFFSET_GP_ENCODE(sp)
365
366     // De aquí al final de la función uso $fp en lugar de sp.
367     move    $fp,sp
368
369     // Guardo el primer parámetro *buffer
370     sw      a0,OFFSET_BUFFER_ENCODE($fp)
371     // Guardo el segundo parámetro 'length'(cantidad de caracteres)
372     sw      a1,OFFSET_LENGTH_ENCODE($fp)
373     // Guardo el puntero al array de salida(output)
374     sw      a2,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
375
376     // Cargo en v0 el puntero al buffer.
377     lw      v0,OFFSET_BUFFER_ENCODE($fp)
378     // Cargo en v0 el 1er byte del buffer.
379     lbu     v0,0(v0)
380     // Guardo el 1er byte en el stack frame
381     sb      v0,OFFSET_B1($fp)
382     // Cargo nuevamente la dirección del buffer.
383     lw      v0,OFFSET_BUFFER_ENCODE($fp)
384     // Aumento en 1(1 byte) la dirección del buffer.
385     // Me muevo por el array del buffer.
386     addu    v0,v0,1
387     // Cargo el 2do byte del buffer.
388     lbu     v0,0(v0)
389     // Guardo el 2do byte en el stack frame.
390     sb      v0,OFFSET_B2($fp)
391     // Cargo nuevamente la dirección del buffer.
392     lw      v0,OFFSET_BUFFER_ENCODE($fp)
393     // Aumento en 2(2 byte) la dirección del buffer.
394     // Me muevo por el array del buffer.
395     addu    v0,v0,2
396     // Cargo el 2do byte del buffer.
397     lbu     v0,0(v0)
398     // Guardo el 3er byte en stack frame.
399     sb      v0,OFFSET_B3($fp)
400     // Cargo en v0 el 1er byte.
401     lbu     v0,OFFSET_B1($fp)
402     // Muevo 2 'posiciones' hacia la derecha(shift 2).
403     srl     v0,v0,2
404     // Guardo el nuevo byte en una variable auxiliar.

```

```

404      sb      v0,OFFSET_B1_AUX($fp)
405      // Cargo en v1 el puntero al output.
406      lw      v1,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
407      // Cargo en v0 el byte shifteado.
408      lbu     v0,OFFSET_B1_AUX($fp)
409      // Cargo en v0 el caracter(byte) de la tabla encoding(encoding_table)
410      lbu     v0,encoding_table(v0)
411      // Cargo en v0 el 1er byte de la dirección del output.
412      sb      v0,0(v1)
413      // Cargo en v0 el 1er byte del buffer nuevamente.
414      lbu     v0,OFFSET_B1($fp)
415      // Muevo 6 'posiciones' hacia la izquierda(shift 6).
416      sll     v0,v0,6
417      // Guardo el resultado del shift en el Stack Frame.
418      sb      v0,OFFSET_B2_AUX($fp)
419      // Cargo el byte sin signo shifteado.
420      lbu     v0,OFFSET_B2_AUX($fp)
421      // Muevo 2 'posiciones' hacia la derecha(shift 2).
422      srl     v0,v0,2
423      // Guardo el nuevo resultado del shift en el Stack Frame.
424      sb      v0,OFFSET_B2_AUX($fp)
425      // Cargo el 2do byte del buffer en v0.
426      lbu     v0,OFFSET_B2($fp)
427      // Hago un shift left de 4 posiciones.
428      srl     v0,v0,4
429      // Cargo en v1 el resultado(byte) del shift right 2.
430      lbu     v1,OFFSET_B2_AUX($fp)
431      // Hago un 'or' entre v1 y v0 para obtener el 2 indice de la tabla.
432      or      v0,v1,v0
433      //(*) Guardo en stack frame(12) el resultado del 'or' anterior.
434      sb      v0,OFFSET_B2_AUX($fp)
435      // Cargo en v0 el puntero al output.
436      lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
437      // Cargo en v1 la dirección del output + 1(1byte).
438      addu    v1,v0,1
439      // Cargo en v0 el ultimo resultado del shift(*)
440      lbu     v0,OFFSET_B2_AUX($fp)
441      // Cargo en v0 el caracter(byte) de la tabla encoding(encoding_table)
442      lbu     v0,encoding_table(v0)
443      // Salvo en el output array(output[1]) el valor del encoding_table
444      sb      v0,0(v1)
445      // Cargo en v0 el puntero al output.
446      lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
447      // Sumo 2 a la dirección del output(output[2]).
448      // Me desplazo dentro del output array.
449      addu    v1,v0,2
450      // Cargo en v0 el caracter ascii 61('=').
451      li      v0,EQUAL_CHAR          // 0x3d
452      // Salvo en el output array(output[2]) el valor '='.
453      sb      v0,0(v1)
454      // Cargo en v0 el puntero al output.
455      lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
456      // Sumo 3 a la dirección del output(output[3]).
457      // Me desplazo dentro del output array.
458      addu    v1,v0,3
459      // Cargo en v0 el caracter ascii 61('=').
460      li      v0,EQUAL_CHAR          // 0x3d
461      // Salvo en el output array(output[3]) el valor '='.

```



```

462     sb      v0,0(v1)
463     // Cargo en v1 el parametro length.
464     lw      v1,OFFSET_LENGTH_ENCODE($fp)
465     // Cargo en v0 el valor 3.
466     li      v0,3                // 0x3
467     // Si el length == 3 salto a buffer_size_2.
468     bne     v1,v0,buffer_size_2
469     // Si el tamaño del buffer es 3 continuo NO salto.
470     // Cargo en v0 el 3er byte del buffer.
471     lbu     v0,OFFSET_B3($fp)
472     // Hago un shift right de 6.
473     srl     v0,v0,6
474     // Guardo el nuevo byte en el stack frame.
475     sb      v0,OFFSET_B3_AUX($fp)
476     // Cargo el 2do byte del buffer en v0.
477     lbu     v0,OFFSET_B2($fp)
478     // Hago un shift left de 4.
479     sll     v0,v0,4
480     // Guardo en el stack frame(14) el nuevo valor.
481     sb      v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
482     // Cargo en v0 el byte shifteado sin signo.
483     lbu     v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
484     // Hago un shift right de 2.
485     srl     v0,v0,2
486     // Guardo en el stack frame(14) el valor shifteado.
487     sb      v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
488     // Cargo en v1 el valor del SF(13)
489     lbu     v1,OFFSET_B3_AUX($fp)
490     // Idem en v0(13).
491     lbu     v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
492     // Hago un 'or' y almaceno en v0.
493     or      v0,v1,v0
494     // Guardo en el stack frame(13) el resultado del 'or'.
495     sb      v0,OFFSET_B3_AUX($fp)
496     // Cargo en v0 el puntero al output.
497     lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
498     // Me desplazo por el vector 'output' en 2 posiciones(output[2]).
499     addu    v1,v0,2
500     // Cargo en v0 el resultado del 'or' anterior.
501     lbu     v0,OFFSET_B3_AUX($fp)
502     // Busco en la tabla de encoding el caracter que corresponde.
503     // Luego cargo el byte en v0.
504     lbu     v0,encoding_table(v0)
505     // Guardo el valor recuperado de la tabla encoding_table en el output[2].
506     sb      v0,0(v1)
507     // Cargo en v0 el 3er byte del buffer.
508     lbu     v0,OFFSET_B3($fp)
509     // Hago un shift left de 2.
510     sll     v0,v0,2
511     // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
512     sb      v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
513     // Cargo el byte sin signo shifteado.
514     lbu     v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
515     // Hago un shift right de 2.
516     srl     v0,v0,2
517     // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
518     sb      v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
519     // Cargo en v0 el puntero al output.

```

```

520     lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
521     // Sumo 3 a la dirección del output(output[3]).
522     // Me desplazo dentro del output array.
523     addu    v1,v0,3
524     // Cargo en v0 el ultimo valor shifteado guardado.
525     lbu     v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
526     // Busco en la tabla de encoding el caracter que corresponde.
527     // Luego cargo el byte en v0.
528     lbu     v0,encoding_table(v0)
529     // Guardo el valor recuperado de la tabla encoding_table en el output[3].
530     sb      v0,0(v1)
531     // Salto a return_encode
532     b       return_encode
533 buffer_size_2:
534     // Cargo en v1 el valor del parámetro length.
535     lw      v1,OFFSET_LENGTH_ENCODE($fp)
536     // Cargo en v0 el valor 2.
537     li      v0,2                // 0x2
538     // Si length != 2 salgo de la función.
539     bne     v1,v0,return_encode
540     // Cargo en v0 el 3er byte del buffer.
541     lbu     v0,OFFSET_B3($fp)
542     // Hago un shift right de 6.
543     srl     v0,v0,6
544     // Guardo en el stack frame el ultimo valor shifteado.
545     sb      v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
546     // Cargo el 2do byte del buffer en v0.
547     lbu     v0,OFFSET_B2($fp)
548     // Hago un shift left de 4 posiciones.
549     sll     v0,v0,4
550     // Guardo en el stack frame nuevo valor shifteado.
551     sb      v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
552     // Cargo en v0 el byte shifteado sin signo.
553     lbu     v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
554     // Hago un shift right de 2 posiciones.
555     srl     v0,v0,2
556     // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
557     sb      v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
558     // Cargo en v1 uno de los valores shiftedos(b3aux).
559     lbu     v1,OFFSET_B4_AUX($fp)
560     // Cargo en v0 uno de los valores shiftedos(b3aux2).
561     lbu     v0,OFFSET_B3_AUX_2($fp)
562     // Hago un 'or' entre b3aux y b3aux2.
563     or      v0,v1,v0
564     // Guardo en el stack frame el resultado del 'or'.
565     sb      v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
566     // Cargo en v0 el puntero al output.
567     lw      v0,OFFSET_OUTPUT_ENCODE($fp)
568     // Me desplazo dentro del output array y lo guardo en v1.
569     addu    v1,v0,2
570     // Cargo en v0 ultimo resultado del 'or'
571     lbu     v0,OFFSET_B4_AUX($fp)
572     // Busco en la tabla de encoding el caracter que corresponde.
573     // Luego cargo el byte en v0.
574     lbu     v0,encoding_table(v0)
575     // Guardo el valor recuperado de la tabla encoding_table en el output[2].
576     sb      v0,0(v1)
577 return_encode:

```

```

578     move    sp,$fp
579     lw      $fp,OFFSET_FP_ENCODE(sp)
580     // destruyo stack frame
581     addu    sp,sp,STACK_FRAME_ENCODE
582     j       ra
583     .end    Encode
584     // .size Encode, .-Encode
585
586     .globl  DecodeChar
587     .ent    DecodeChar
588
589     ////////////////////////////////// Begin Función DecodeChar //////////////////////////////////
590
591 DecodeChar:
592     // Reservo espacio para el stack frame de STACK_FRAME_DECODECHAR bytes
593     .frame  $fp,STACK_FRAME_DECODECHAR,ra           // vars= 8, regs= 2/0, args=
594     0, extra= 8
595     // .mask 0x50000000,-4
596     // .fmask 0x00000000,0
597     .set    noreorder
598     .cpld   t9
599     .set    reorder
600
601     // Creación del stack frame STACK_FRAME_DECODECHAR
602     subu    sp,sp,STACK_FRAME_DECODECHAR
603     .cprestore 0
604
605     // Guardo fp y gp en el stack frame
606     sw      ra,OFFSET_RA_DECODECHAR(sp)
607     sw      $fp,OFFSET_FP_DECODECHAR(sp)
608     sw      gp,OFFSET_GP_DECODECHAR(sp)
609     // De aquí al final de la función uso $fp en lugar de sp.
610     move    $fp,sp
611
612     // Guardo en v0 el parámetro recibido: 'character'.
613     move    v0,a0
614     // Guardo en el stack frame 'character'.
615     sb      v0,OFFSET_CHARACTER_DECODECHAR($fp)
616     // Guardo en un '0' en el stack frame.
617     // Inicializo la variable 'i'.
618     sb      zero,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
619
620 condition_loop:
621     // Cargo en v0 el byte guardado anteriormente(0 o el nuevo valor de 'i').
622     lbu     v0,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
623     // Cargo en v1 el size del encoding_table(64).
624     lw      v1,encoding_table_size
625     // Si (i < encoding_table_size), guardo TRUE en v0, sino FALSE.
626     slt     v0,v0,v1
627     // Salto a condition_if si v0 != 0.
628     bne     v0,zero,condition_if
629     // Brancheo a condition_if_equal
630     b       condition_if_equal
631
632 condition_if:
633     // Cargo en v0 el valor de 'i'.
634     lbu     v0,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
635     // Cargo en v1 el byte contenido en encoding_table según el valor de 'i'.
636     // encoding_table[i]
637     lbu     v1,encoding_table(v0)

```

```

635 // Cargo en v0 'character'.
636 lb      v0,OFFSET_CHARACTER_DECODECHAR($fp)
637 // Salto a increase_index si el valor recuperado del vector encoding_table
638 // es distinto al valor pasado por parámetro(character).
639 bne     v1,v0,increase_index
640 // Cargo en v0 nuevamente el valor de 'i'.
641 lbu     v0,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
642
643 // Guardo en el stack frame(12) el valor de 'i'
644 //sw     v0,12($fp) //VER
645 sw      v0,OFFSET_RETURN_DECODECHAR($fp)
646
647 // Brancheo a return_decode_index_or_zero
648 b       return_decode_index_or_zero
649 increase_index:
650 // Cargo en v0 nuevamente el valor de 'i'.
651 lbu     v0,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
652 // Sumo en 1 el valor de 'i'(i++).
653 addu    v0,v0,1
654 // Guardo el valor modificado en el stack frame.
655 sb      v0,OFFSET_I_DECODECHAR($fp)
656 // Salto a condition_loop
657 b       condition_loop
658 condition_if_equal:
659 // Cargo en v1 el byte(char) recibido como parámetro.
660 // parametro: character.
661 lb      v1,OFFSET_CHARACTER_DECODECHAR($fp)
662 // Cargo en v0 el inmediato EQUAL_CHAR=61(corresponde a el char '=').
663 li      v0,EQUAL_CHAR // 0x3d
664 // Salto a return_decode_error si el char recibido por parámetro no es igual
665 // a '='.
666 bne     v1,v0,return_decode_error
667 // Guardo un 0(DECODE_EQUAL) en el stack frame(12).
668 sw      zero,OFFSET_RETURN_DECODECHAR($fp)
669 // Salto a return_decode_index_or_zero.
670 b       return_decode_index_or_zero
671 return_decode_error:
672 // Cargo en v0 el inmediato DECODE_ERROR=100
673 li      v0,DECODE_ERROR // 0x64
674 // Guardo el DECODE_ERROR en el stack frame.
675 sw      v0,OFFSET_RETURN_DECODECHAR($fp)
676 return_decode_index_or_zero:
677 // Cargo en v0 el valor retornado por DecodeChar
678 lw      v0,OFFSET_RETURN_DECODECHAR($fp)
679
680 move    sp,$fp
681 // Restauro fp
682 lw      $fp,OFFSET_FP_DECODECHAR(sp)
683 // Restauro ra
684 lw      ra,OFFSET_RA_DECODECHAR(sp)
685 // Destruyo el stack frame
686 addu    sp,sp,STACK_FRAME_DECODECHAR
687 // Regreso el control a la función llamante.
688 j       ra
689 .end    DecodeChar
690 // .size DecodeChar, .-DecodeChar
691
692 // End Función DecodeChar

```

```

692          /////////////////////////////////////////////////// Begin Función Decode ///////////////////////////////////
693
694
695      .align    2
696      .globl    Decode
697      .ent      Decode
698  Decode:
699      .frame    $fp,STACK_FRAME_DECODE,ra                // vars= 24, regs= 4/0, args=
700      16, extra= 8
701      // .mask 0xd0010000,-4
702      // .fmask 0x00000000,0
703      .set      noreorder
704      .cpload   t9
705      .set      reorder
706
707      // Creación del stack frame
708      subu      sp,sp,STACK_FRAME_DECODE
709      .cprestore 16
710
711      sw        ra,OFFSET_RA_DECODE(sp)
712      sw        $fp,OFFSET_FP_DECODE(sp)
713      sw        gp,OFFSET_GP_DECODE(sp)
714      //sw      s0,OFFSET_S0_DECODE(sp)
715
716      // De aquí al final de la función uso $fp en lugar de sp.
717      move      $fp,sp
718
719      // Guardo en el stack frame los parámetros recibidos.
720      // a0=puntero a buffer_input
721      sw        a0,OFFSET_BUFFER_INPUT_ENCODE($fp)
722      // Guardo en el stack frame los parámetros recibidos.
723      // a1=puntero a buffer_output
724      sw        a1,OFFSET_BUFFER_OUTPUT_ENCODE($fp)
725      // Guardo un 0 en el stack frame(OFFSET_I_DECODE). Inicializo 'i'.
726      sw        zero,OFFSET_I_DECODE($fp)
727  loop_decode_char:
728      // Cargo en v0 el valor de 'i' guardado en el stack frame.
729      lw        v0,OFFSET_I_DECODE($fp)
730      // Si (i < SIZE_DECODE_CHAR), guardo TRUE en v0, sino FALSE.
731      sltu      v0,v0,SIZE_DECODE_CHAR
732      // Salto a if_decode_char si sigo dentro del bucle.
733      bne       v0,zero,if_decode_char
734      // Salto a main_shift
735      b         main_shift
736  if_decode_char:
737      // Cargo en v1 el valor de 'i'.
738      lw        v1,OFFSET_I_DECODE($fp)
739      // Cargo en v0 el valor de fp + OFFSET_CHARSO_ENCODE ???
740      addu      v0,$fp,OFFSET_CHARSO_ENCODE
741      // Cargo en s0 el valor de buf_input[i]
742      addu      s0,v0,v1
743      // Cargo en v1 el puntero a buf_input
744      lw        v1,OFFSET_BUFFER_INPUT_ENCODE($fp)
745      // Cargo en v0 el valor de 'i'.
746      lw        v0,OFFSET_I_DECODE($fp)
747      // Me desplazo por el vector(buf_input[i])
748      addu      v0,v1,v0
749      // Cargo en v0 el valor del buf_input[i](1 byte).

```

```

749     lb      v0,0(v0)
750     // Asigna el valor del byte a a0 antes de llamar a la función.
751     move    a0,v0
752     // Carga en t9 la direccion de la funcion DecodeChar.
753     la      t9,DecodeChar
754     // Hace el llamado a la función.
755     jal     ra,t9
756     // Guardo en s0 el resultado de la función.
757     // El valor regresa en el registro v0
758     sb      v0,0(s0)
759     // Cargo en v1 el valor de 'i'.
760     lw      v1,OFFSET_I_DECODE($fp)
761     // Cargo en v0 el valor de fp + OFFSET_CHARS_ENCODE ???
762     addu    v0,$fp,OFFSET_CHARS0_ENCODE
763     // Cargo en v0 el valor de chars[i](direccion).
764     addu    v0,v0,v1
765     // Cargo en v1 el byte apuntado.
766     lbu     v1,0(v0)
767     // Cargo en v0 el DECODE_ERROR
768     li      v0,DECODE_ERROR           // 0x64
769     // Si chars[i] != DECODE_ERROR salto a increase_index_decode
770     bne     v1,v0,increase_index_decode
771     // Guarda en el stack frame un 0.
772     sw      zero,OFFSET_RETURN_ENCODE($fp)
773     // Si chars[i] == DECODE_ERROR retorno un 0.
774     b       return_zero
775 increase_index_decode:
776     // Cargo en v0 el valor de 'i'.
777     lw      v0,OFFSET_I_DECODE($fp)
778     // Sumo en 1 el valor de 'i'(i++).
779     addu    v0,v0,1
780     // Guardo el valor modificado en el stack frame.
781     sw      v0,OFFSET_I_DECODE($fp)
782     // Salto a loop_decode_char
783     b       loop_decode_char
784 main_shift:
785     // Cargo en v0 la dirección de chars[0]
786     lbu     v0,OFFSET_CHARS0_ENCODE($fp)
787     // Hago un shift left logical de SHIFT_2 y lo asigno a v0.
788     sll     v0,v0,SHIFT_2
789     // Guardo el valor en el stack frame.
790     sb      v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
791     // Cargo el valor de chars[1] en v0.
792     lbu     v0,OFFSET_CHARS1_ENCODE($fp)
793     // Hago un shift left logical de SHIFT_2 y lo asigno a v0.
794     srl     v0,v0,SHIFT_4
795     // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
796     sb      v0,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
797     // Cargo en v1 char1_aux(chars[0] luego de ser shifteado).
798     lbu     v1,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
799     // Cargo en v0 char2_aux(chars[1] luego de ser shifteado).
800     lbu     v0,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
801     // Hago un or de v1 y v0 y lo asigno a v0.
802     or      v0,v1,v0
803     // Guardo en valor en el stack frame.
804     sb      v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
805     // Cargo en v1 el puntero al buffer_output.
806     lw      v1,OFFSET_BUFFER_OUTPUT_ENCODE($fp)

```

```

807 // Cargo en v0 char1_aux(chars[0] luego de ser shifteado).
808 lbu    v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
809 // Guardo en el vector buffer_output el valor de char1_aux.
810 sb     v0,0(v1)
811 // Cargo el valor de chars[1] en v0.
812 lbu    v0,OFFSET_CHARS1_ENCODE($fp)
813 // Hago un shift left de 4 posiciones y lo guardo en v0.
814 sll    v0,v0,SHIFT_4
815 // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
816 sb     v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
817 // Cargo en v0 chars[2].
818 lbu    v0,OFFSET_CHARS2_ENCODE($fp)
819 // Hago un shift right de 2 de chars[2] y lo guardo en v0.
820 srl    v0,v0,SHIFT_2
821 // Guardo en stack frame el valor shifteado.
822 sb     v0,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
823 // Cargo en v1 y v0 los valores shifteados anteriormente.
824 lbu    v1,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
825 lbu    v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
826 // Hago un or de v1 y v0 y lo asigno a v0.
827 or     v0,v1,v0
828 // Vuelvo a guardar en el stack frame el resultado del or.
829 // (**)
830 sb     v0,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
831 // Cargo en v0 el puntero al buffer_output.
832 lw     v0,OFFSET_BUFFER_OUTPUT_ENCODE($fp)
833 // Sumo 1 al puntero para desplazarme dentro del vector.
834 // Luego asigno el resultado a v1.
835 addu   v1,v0,1
836 // Cargo en v0 el resultado de (**).
837 lbu    v0,OFFSET_CHAR1_AUX_ENCODE($fp)
838 // Guardo en el vector buffer_output el valor (**).
839 sb     v0,0(v1)
840 // Cargo en v0 chars[2]
841 lbu    v0,OFFSET_CHARS2_ENCODE($fp)
842 // Hago un shift left de 6.
843 sll    v0,v0,SHIFT_6
844 // Guardo en el stack frame el valor shifteado.
845 // (***)
846 sb     v0,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
847 // Cargo en v0 el puntero al buffer_output.
848 lw     v0,OFFSET_BUFFER_OUTPUT_ENCODE($fp)
849 // Sumo 2 al puntero para desplazarme dentro del vector buffer_output.
850 // Luego asigno el resultado a a0.
851 addu   a0,v0,2
852 // Cargo en v1 el ultimo valor shifteado (***).
853 lbu    v1,OFFSET_CHAR0_AUX_ENCODE($fp)
854 // Cargo en v0 chars[3]
855 lbu    v0,OFFSET_CHARS3_ENCODE($fp)
856 // Hago un or de v1 y v0 y lo asigno a v0.
857 or     v0,v1,v0
858 // Guardo en el vector buffer_output el resultado del or.
859 sb     v0,0(a0)
860 // Cargo en v0 el inmediato 1(RETURN_OK).
861 li     v0,RETURN_OK // 0x1
862 // Guardo en el stack frame el valor de retorno.
863 sw     v0,OFFSET_RETURN_ENCODE($fp)
864 return_zero:

```

```
865 // Cargo en v0 el valor salvado en el stack frame(0).
866 lw      v0,OFFSET_RETURN_ENCODE($fp)
867 move    sp,$fp
868
869 // Restauro ra,fp y gp.
870 lw      ra,OFFSET_RA_DECODE(sp)
871 lw      $fp,OFFSET_FP_DECODE(sp)
872 //lw    s0,OFFSET_S0_DECODE(sp)
873
874 // Destruyo el stack frame.
875 addu    sp,sp,STACK_FRAME_DECODE
876 // Devuelvo el control a la función llamante.
877 j       ra
878
879 .end    Decode
880 .size   Decode, .-Decode
```


B. Stack frame

B.1. Stack frame base64decode

int base64_decode(int infd, int outfd)		
Offset	Contents	Type reserved area
68	outfd	ABA (caller)
64	infd	
60	////////////////////////////////	SRA
56	ra	
52	fp	
48	gp	
39	////////////////////////////////	LTA
38	OUT_BUFFER	
37		
36		
32	IN_BUFFER	
28		
27		
26		
12		ABA (callee)
8		
4		
0		

Figura 1: Stack frame base64decode

B.2. Stack frame base64encode

int base64_encode(int infd, int outfd)		
Offset	Contents	Type reserved area
68	outfd	ABA (caller)
64	infd	
60	////////////////	SRA
56	ra	
52	fp	
48	gp	
39	////////////////	LTA
38	IN_BUFFER	
37		
36		
32	OUT_BUFFER	
28		
27		
26		
12		ABA (callee)
8		
4		
0		

Figura 2: Stack frame base64encode

B.3. Stack frame decodeChar

unsigned char DecodeChar(char character)		
Offset	Contents	Type reserved area
28	character	ABA (caller)
24	ra	SRA
20	fp	
16	gp	
12	////////////////	LTA
8	return	
4	i	
0	character	

Figura 3: Stack frame decodeChar

B.4. Stack frame decode

unsigned char Decode(unsigned char *buf_input, unsigned char *buf_output)		
Offset	Contents	Type reserved area
36	*buffer_output	ABA (caller)
32	*buffer_input	
28	////////////////////////////////	SRA
24	ra	
20	fp	
16	gp	
15	////////////////////////////////	LTA
14	////////////////////////////////	
13	char1_aux	
12	char0_aux	
8	i	
7	chars3	
6	chars2	
5	chars1	
4	chars0	
0	return	

Figura 4: Stack frame decode

B.5. Stack frame encode

void Encode(const unsigned char* buffer, unsigned int length, unsigned char* output)		
Offset	Contents	Type reserved area
24	*output	ABA (caller)
20	length	
16	*buffer	
12	fp	SRA
8	gp	
7	OFFSET_B4_AUX	LTA
6	OFFSET_B3_AUX_2	
5	OFFSET_B3_AUX	
4	OFFSET_B2_AUX	
3	OFFSET_B1_AUX	
2	OFFSET_B3	
1	OFFSET_B2	
0	OFFSET_B1	

Figura 5: Stack frame encode