



Facultad de Ingeniería  
Universidad de Buenos Aires  
Organizacion de Computadoras (66.20)

Trabajo Práctico N°1

2<sup>do</sup> Cuatrimestre, 2019

---

Boada, Ignacio Daniel	95212	ignacio.boada@outlook.com
Goñi, Mauro Ariel	87646	maurogoni@gmail.com
Perez Machado, Axel Mauro	101127	axelmpm@gmail.com

---

# Índice

<b>1. Comandos para compilación</b>	<b>2</b>
<b>2. Diseño e implementación código C</b>	<b>3</b>
<b>3. Diseño e implementación código MIPS</b>	<b>4</b>
3.1. Implementación previa . . . . .	4
3.2. Implementación modificada . . . . .	5
3.3. Stackframe . . . . .	6
3.4. Stackframe original . . . . .	7
3.5. Struct matrix . . . . .	8
<b>4. Pruebas</b>	<b>9</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>6. Código MIPS32 de matrix multiply</b>	<b>11</b>
<b>7. Código fuente C</b>	<b>14</b>
<b>8. Código MIPS32 del código C</b>	<b>20</b>
<b>9. Enunciado</b>	<b>40</b>

## 1. Comandos para compilación

PARA DEBUGGEAR CON GDB:

```
gcc tp1.c matrix_multiply.S -Wall -o tp1 -ggdb
```

PARA COMPILAR EL PROGRAMA PARA CORRERLO:

```
gcc -Wall -o tp1 tp1.c matrix_multiply.S
```

PARA OBTENER CODIGO MIPS:

```
gcc -Wall -O0 -S -mrnames tp1.c
```

## 2. Diseño e implementación código C

Nuestra implementación no es nada fuera de lo común y busca ser lo mas simple y directa posible.

1. Primero se leen todos los inputs en la primera línea de stdin y se almacenan en un array
2. Se crean las dos matrices
3. Se llenan sus elementos con los valores leídos
4. Se realiza el producto que luego se almacena en una tercera matriz que se crea (esto se hace llamando a la función implementada en código MIPS)
5. Se envía el resultado por stdout
6. Se libera memoria
7. Se vuelve a empezar todo el proceso con la siguiente línea de stdin
8. Se crea un punto de acceso global sobre la variable que almacena todo el input de una línea para que, en caso de surgir un error, la función que maneja el error pueda siempre liberar memoria.

Consideraciones:

1. Si algún error de formato aparece, este se valida en el primer paso, se informa del problema por stderr y se corta el programa
2. Para facilitar la implementación no consideramos un error de formato una dimensión positiva no nula de tipo float o double pero de mantiza nula .
3. Para facilitar la implementación no consideramos como un error de formato un archivo vacío. Ante tal situación simplemente no se hace nada y se cierra el programa
4. Ante el ingreso de comandos -h,-V,-help,-version, estos se manejan abriendo un archivo de texto que se encuentra en el mismo directorio que el archivo compilado y el fuente. Esto permite cambiar el mensaje a mostrar sin tocar el código ni recompilar.

### 3. Diseño e implementación código MIPS

En este tp se tuvo como objetivo implementar la primitiva matrix multiply ya presente en el tp anterior.

#### 3.1. Implementación previa

```
matrix_t* matrix_multiply(matrix_t* matrix_a, matrix_t* matrix_b){  
  
    int dimension = matrix_a->rows;  
  
    matrix_t* matrix_c = create_matrix(dimension, dimension);  
  
    int row;  
    int column;  
    int i;  
    int j;  
    double element;  
  
    for (i = 0; i < dimension*dimension; i++){  
  
        row = (int)(i / dimension);  
        column = (int)(i % dimension);  
  
        element = 0;  
        for (j = 0; j < dimension; j++){  
  
            element += matrix_a->array[row*dimension + j] * matrix_b->array[j*dimension +  
        }  
        matrix_c->array[i] = element;  
    }  
    return matrix_c;  
}
```

Para que la implementacion fuese mas directa y mas facil de corregir para nosotros y para los docentes, optamos por modificar ligeramente la implementacion antes presentada por otra equivalente y mas similar a lo que pasa en codigo assembly

### 3.2. Implementacion modificada

```
matrix_t* matrix_multiply(matrix_t* matrix_a, matrix_t* matrix_b){
    int aux1;
    int aux2;
    int row;
    int column;
    int i;
    int j;
    int dimention;
    double element;
    dimention = matrix_a->rows;
    matrix_t* matrix_c;
    matrix_c = create_matrix(dimention, dimention);
    for (i = 0; i < dimention*dimention; i++){
        row = (int)(i / dimention);
        column = (int)(i % dimention);
        element = 0;
        for (j = 0; j < dimention; j++){
            aux1 = row*dimention;
            aux1 = aux1 + j;
            aux1 = matrix_a->array[aux1];
            aux2 = j*dimention;
            aux2 = aux2 + column;
            aux2 = matrix_b->array[aux2];
            aux1 = aux1 * aux2;
            element = element + aux1;}
        matrix_c->array[i] = element;}
    return matrix_c;}
```

Dicha implementacion fue debidamente testeada para asegurarse de que efectivamente fuese equivalente

Se agrega tambien un archivo a dicha implementacion en la entrega digital

Ademas tambien en el mismo espiritu de facilitar la tarea de correccion se entregan en forma digital dos versiones de codigo MIPS de matrix multiply. Una que tiene una abundante cantidad de comentarios, esa es la que esta en este informe, y otra sin ningun comentario. Hacemos esto porque notamos que lucia mas limpio y legible la version sin comentarios, pero no queriamos entregar una sin comentario alguno por si dificultaba el entendimiento de la implementacion.

Tambien, porque nos fue de enorme ayuda a nosotros, agregamos en este informe y en la entrega digital la implementacion del stackframe

### 3.3. Stackframe

```

===== STACK FRAME de MAIN
60 ptr_matrix_b
56 ptr_matrix_a
===== STACK FRAME de Multiply
===== SRA
52 <padding>
48 ra
44 $fp
40 gp
===== LTA
36 element(2da parte dado que es un double)
32 element
28 ptr_matrix_c
24 row (es el row calculado en cada ciclo de for, no el row de los structs)
20 column (es el column calculado en cada ciclo de for, no el column de los structs)
16 dimation
===== ABA
12 <nada, se pone por convencion>
8 <nada, se pone por convencion>
4 dimation
0 dimation

```

Un detalle a indicar sobre este item es que el stackframe que nos hubiese gustado hacer en un principio era el siguiente:

### 3.4. Stackframe original

```

===== STACK FRAME de MAIN
92 ptr_matrix_b
88 ptr_matrix_a
===== STACK FRAME de Multiply
===== SRA
84 <padding>
80 ra
76 fp
72 gp
===== LTA
68 aux2(2da parte)
64 aux2
60 aux1(2da parte)
56 aux1
52 element(2da parte)
48 element
44 ptr_matrix_c
40 ptr_matrix_b
36 ptr_matrix_a
32 j
28 i
24 row
20 column
16 dimation
===== ABA
12 <nada, se pone por convencion>
8  <nada, se pone por convencion>
4  dimation
0  dimation

```

Pero lo que veiamos mala idea era que en cada ciclo de loop necesitabamos constantemente cargar y descargar de memoria : aux1, aux2, i y j y nos parecia que eso afectaba mucho a la performance, por lo que decidimos desechar esa idea.



Otra cosa a destacar, y que nos dio bastantes dolores de cabeza, esta en como estan estructurados los datos en el struct matrix. Por mal entender esto en un principio tuvimos que estar varias horas debuguando.

### 3.5. Struct matrix

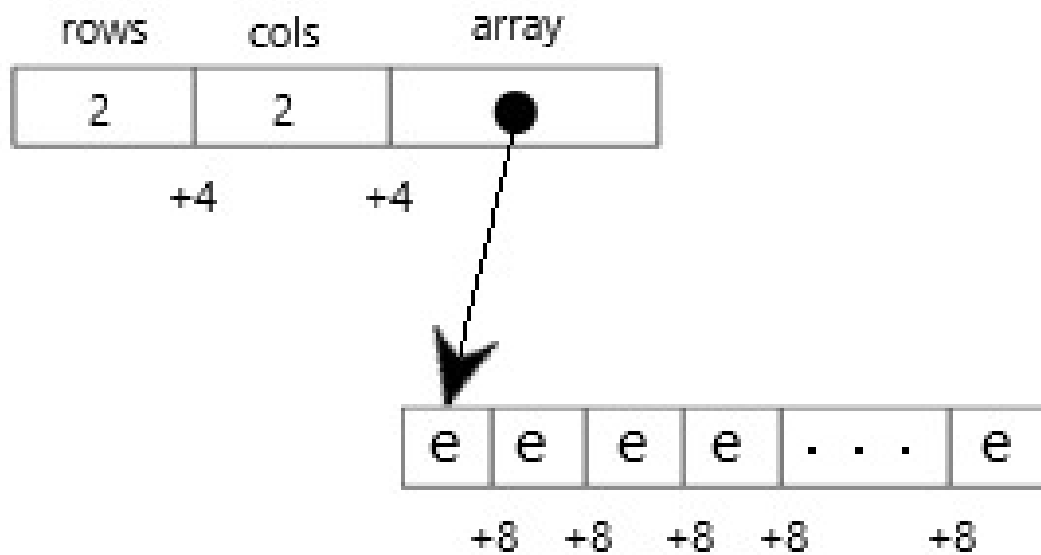


Figura 1: organizacion de los datos en el struct matrix

Este es un ejemplo de una matriz de 2x2.

Los +4 corresponden a saltos de 4 bytes por tratarse cols y rows de  $\text{size}_t$ .

Los +8 corresponden a saltos de 8 bytes por tratarse de doubles.

## 4. Pruebas

Para una completa descripción de las pruebas corridas se tiene la carpeta entregada de "Pruebas"

Ademas tambien se entrega un archivo llamado "corridas de pruebas" que muestra los resultados de las corridas de pruebas.

En ella se encuentra una bateria de 26 pruebas que evaluan a grandes rasgos:

1. Errores de dimension
2. Errores de formato en elementos
3. Errores en alguna linea del archivo con otras en formato correcto
4. Producto entre identidad y una matriz cualquiera
5. Producto entre matriz nula y una matriz cualquiera
6. Producto entre una matriz inversible y su inversa
7. Varios productos consecutivos sin errores
8. Productos usando matrices grandes y chicas

Entre estas tenemos como ejemplos:

(Prueba 26)

2 1 2 3 4 1 2 3 4 3 1 2 3 4 5 6.1 3 2 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1

Ejemplo provisto por la cátedra.

(Prueba 4)

2 4 8 9 7 1 0 0 1

Ejemplo de producto por identidad.

(Prueba 12)

2.32 8 4 6 5 8 7 7 8

Ejemplo de caso con dimensión no entera.

(Prueba 24)

2 4 5 7 2 -0.074074074 0.185185185 0.259259259 -0.148148148

Ejemplo bastante interesante donde se prueban elementos con mantiza y que ademas son negativos y donde ademas se testea el aspecto numérico del programa, es decir, la precisión.

## 5. Conclusiones

El trabajo práctico realizado fue introductorio para que comenzemos a estar relacionarnos con las herramientas que se utilizan en la cátedra.

Considerando la finalidad del trabajo práctico podemos concluir que fue de gran utilidad, ya que, en primer lugar tuvimos que aprender la sintaxis de C y comprender cómo este lenguaje maneja archivos y memoria. Otro punto importante fue que tuvimos que utilizar por primera vez el entorno NetBSD para correr el programa y obtener el código en MIPS, lo que será útil para el siguiente trabajo práctico ya que se utilizará el lenguaje que implementa MIPS.

A lo largo del tp nos encontramos con muchos errores que se debieron solucionar, propios de una mala utilización del lenguaje C, por lo que tuvimos que mejorar el uso de funciones y la modularización de las mismas. Con este trabajo tuvimos que considerar cada uno de los posibles errores que arrojan las librerías de C y pensar cómo debería reaccionar el programa ante cada uno de ellos. El hecho de tener que liberar memoria nos planteó problemas ya que teníamos que considerar mantener referencias siempre a las posiciones de memoria dinámica, y tenerlo en cuenta de liberarlas ante cada posible error. Una vez finalizada la programación y comenzadas las pruebas, nos dimos cuenta que habían muchas posibilidades de ingreso que no habíamos tenido en cuenta, por lo que debimos agregar validaciones y cortes del programa ante ingresos de datos inválidos.

A la bolsa de problemas y complicaciones en este ultimo tp realizado (TP1) debemos ahora sumar la extra capa de complejidad que agrega el programar en lenguaje assembly (tendiendo en cuenta que cambia fundamentalmente la forma en que se programa), la complejidad que agrega tener una idea de donde se esta parado en el stackframe, la diferenciacion entre registros en CPU y posiciones de memoria dentro del stackframe, el recordar respetar las convenciones ABI y el aprender a manejar la herramienta de debuggin GDB.

Una consideración que no es menor, es el trabajo fue en equipo. La comunicación en el equipo tampoco es sencilla ya que todos manejamos horarios diferentes y esto agrega una dificultad extra al problema de fondo, El aprendizaje que nos dejó este proceso es que es mejor organizarse bien desde un principio, y dividir tareas de manera bien modularizadas.

Finalmente podemos concluir que el trabajo nos dejó aprendizajes muy importantes para seguir con la materia, ya que aprender C es de suma utilidad, correr programas en NetBSD parece que se utilizará a lo largo de todo el curso, y sobretodo cómo trabajar en varias plataformas como Linux y NetBSD sin que hayan conflictos en la codificación permitiendo la portabilidad.

## 6. Codigo MIPS32 de matrix multiply

```

#include <mips/regdef.h>

.text
.extern create_matrix      #para llamarla del codigo de C.
.abicalls
.ent matrix_multiply
.globl matrix_multiply

matrix_multiply:

#Se crea stack frame de la callee

.frame $fp,56,ra

#.set noreorder           # apaga reordenamiento de instrucciones
#.cload t9                # directiva usada para codigo PIC
#.set reorder            # enciende reordenamiento de instrucciones

subu    sp,sp,56

#Se crea SRA de la callee

sw      ra,48(sp)
.cprestore 40
sw      $fp,44(sp)
move    $fp,sp

#Se crea ABA de la caller

sw      a0,56($fp)          #Guarda puntero matrix_a en ABA de la caller (main)
sw      a1,60($fp)          #Guarda puntero matrix_b en ABA de la caller (main)

#(SE TRADUCE) dimention = matrix_a->rows:

#Se obtiene matriz_a->rows (dimention).

lw      t0, 56($fp)         #se carga el puntero a la matrix_a (que es el mismo que matriz_a)
lw      t1, 0(t0)           #se carga el valor apuntado por matriz_a->rows en t1 (dimention)
sw      t1, 16($fp)         #se guarda dimention en la LTA de la callee

#Se crea ABA de la callee

sw      t1,0($fp)           #dimention = matrix_a->rows; Copio t1 (que es matriz_a->rows)
sw      t1,4($fp)          #dimention = matrix_a->rows; Copio t1 (que es matriz_a->rows)

#(SE TRADUCE) matrix_t* matrix_c;
#(SE TRADUCE) matrix_c = create_matrix(dimention,dimention);

move    a0, t1              #se guarda dimention en los registros que se pasan por parametro
move    a1, t1
la      t9, create_matrix
jal     t9                  #Se llama a la funcion create_matrix
sw      v0, 28($fp)         #Lo retornado por create_matrix se guarda en v0, y lo

```

```

#(SE TRADUCE) for (i = 0; i < dimension*dimension; i++);

#Para poder usar la misma logica del programa en C, se aplica una funcionalidad para ir c

li t3, 0 #i = 0
lw t1, 16($fp) #En 16($fp) esta el valor de dimension. Lo cargo en t1.
mul t2, t1, t1 #t1 tiene la dimension, entonces queda dimension*dimension en

primer_for:
bge t3, t2, ret #si "i" es mayor o igual a dimension * dimension, deja de proc

#(SE TRADUCE) row = (int)(i / dimension);

divu t0, t3, t1 #t0 = (i / dimension).
sw t0, 24($fp) #row esta en 24($fp), entonces queda row = (int)(i / dimen

#(SE TRADUCE) column = (int)(i % dimension);

remu t4, t3, t1 #t4 = (i % dimension).
sw t4, 20($fp) #column esta en 20($fp), entonces queda column = (i %

#(SE TRADUCE) element = 0;

li t0, 0
sw t0, 32($fp) #element es 32($fp) por lo que aca se hace element = 0
sw t0, 36($fp) #como element es un double tambien se debe hacer cero

#(SE TRADUCE) for (j = 0; j < dimension; j++);

li t5, 0 #t5 sera el contrador "j" de la funcion C.

segundo_for:
bge t5, t1, add_element #si j>=dimension (t5 >= t1), va a add_elemt y termina for, sin

#(SE TRADUCE) aux1 = row*dimension;

lw t6, 16($fp) #t6 cargo dimension
lw t7, 24($fp) #t7 cargo row
mul t8, t6, t7 #t8 tengo aux1 — aux1=row*dimension

#(SE TRADUCE) aux1 = aux1 + j;

add t8, t8, t5 #aux1= aux1+j

#(SE TRADUCE) aux1 = matrix_a->array[aux1];

lw t0, 56($fp) #me paro en matriz_a->rows
addi t0, t0, 8 #me paro en matriz_a->array
lw t0, 0(t0) #cargo la direccion de comienzo del array de elementos de matr
sll t8, t8, 3 #multiplico por 8 para que equivalga a la cantidad de bytes a
add t0, t0, t8 #se desplaza el puntero al array de matriz_a->array
l.d $f2, 0(t0) #cargo el valor apuntado por matrix_a->array[aux1] en f2 porqu

```

```

#(SE TRADUCE) aux2 = j*dimension;

mul t7, t5, t6          #Borro row y obtengo aux2 — aux2=j*dimension

#(SE TRADUCE) aux2 = aux2 + column;

lw t4, 20($fp)          #En 20($fp) esta el valor de column. Lo cargo en t4. por la du
add t7, t7, t4          #t7 tiene aux2 — aux2 = aux2 + column;

#(SE TRADUCE) aux2 = matrix_b->array[aux2];

lw t0, 60($fp)          #me paro en matriz_b->rows
addi t0,t0,8            #me paro en matriz_b->array
lw t0, 0(t0)            #cargo la direccion de comienzo del array de elementos de matr
sll t7, t7, 3           #multiplico por 8 para que equivalga a la cantidad de bytes a
add t0, t0, t7          #se desplaza el puntero al array de matriz_b->array
l.d $f4, 0(t0)         #cargo el valor apuntado por matrix_b->array[aux2] en f4 porqu

#(SE TRADUCE) aux1 = aux1 * aux2;

mul.d $f2, $f2, $f4

#(SE TRADUCE) element = element + aux1;

l.d $f0, 32($fp)        #cargo en f0 element, puede estar de mas dado que no veo que se
add.d $f0,$f0,$f2        #element = element + aux1
s.d $f0, 32($fp)        #element se guarda en el frame en la posicion 32.

addi t5, t5, 1          #j++.
b segundo_for

add_element:

#(SE TRADUCE) matrix_c->array[i] = element;

lw t0, 28($fp)          #me paro en matriz_c->rows
addi t0,t0,8            #me paro en matriz_c->array
lw t0, 0(t0)            #cargo la direccion de comienzo del array de elementos de matr
sll t8, t3, 3           #multiplico por 8 para que equivalga a la cantidad de bytes a d
add t0, t0, t8          #se desplaza el puntero al array de matriz_c->array
l.d $f0, 32($fp)
s.d $f0, 0(t0)          #guardo el valor de element f0 en matrix_c->array[i].

addi t3, t3, 1          #i++.
b primer_for

ret:
lw v0,28($fp)

fin:
lw ra,48(sp)
lw $fp,44(sp)
addu sp,sp,56

jr ra
.end matrix_multiply

```

## 7. Código fuente C

```

#include<stdio.h>
#include<string.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdbool.h>

double* input = NULL; //GLOBAL ACCESS VARIABLE

typedef struct matrix {
    size_t rows;
    size_t cols;
    double* array;
} matrix_t;

void freeInputArray(){
    if (input != NULL){
        free(input);
    }
    input = NULL;
}

void printArray(int len, double* array){
    int i;
    for(i=0; i<len; i++){
        printf("elemento %d: %g\n", i, array[i]);
    }
}

void raiseError(const char* s){

    fprintf(stderr, "\n");
    fprintf(stderr, "=====\n");
    fprintf(stderr, "ERROR MESSAGE: %s\n", s);
    fprintf(stderr, "=====\n");
    fprintf(stderr, "\n");

    freeInputArray();
    exit (EXIT_FAILURE);
}

char *readLine(FILE* fp){
//The size is extended by the input with the value of the provisional
    int size = 10; //HARDCODED
    char *str;
    int ch;
    size_t len = 0;

    str = realloc(NULL, sizeof(char)*size); //size is start size
    if (!str) return str;
    while (EOF!=(ch=fgetc(fp)) && ch != '\n'){
        str[len++]=ch;
        if (len==size){
            str = realloc(str, sizeof(char)*(size+=16)); //HARDCODED
            if (!str) return str;
        }
    }
}

```

```
    }

    if (ferror(stdin) != 0){
        free(str);
        raiseError("FGETC ERROR: I/O error");
    }

    str[len++]='\0';

    str = realloc(str, sizeof(char)*len);

    return str;
}

void readElementsInLine(int dimention, double* array){

    char* line = readLine(stdin);
    char* head_line_pointer = line;

    float x;
    int offset;
    int i = 0;
    int returnValue;
    int cantidadDeElementosLeidos;

    while (true)
    {
        returnValue = sscanf(head_line_pointer, "%g%n", &x, &offset);
        if (ferror(stdin) != 0){
            free(array);
            free(line);
            raiseError("SSCANF ERROR: I/O error");
        }

        if (returnValue == 1){
            head_line_pointer += offset;
            array[i] = (double)x;
            i++;
            continue;
        }

        if (returnValue == -1){
            cantidadDeElementosLeidos = i;
            if(cantidadDeElementosLeidos != dimention*dimention*2){
                free(array);
                free(line);
                raiseError("No coincide dimension con cantidad de elementos ingresados");
            }
            break;
        }

        if (returnValue != 1){
            free(array);
            free(line);
        }
    }
}
```



```

        raiseError("Input no numerico");
        break;
    }
}

double* readInput(int* dimention){

    float firstInputElement;//initialized as double to check if corrupted input
    double* array;
    int returnValue;

    //READ FIRST
    returnValue = fscanf(stdin,"%g", &firstInputElement);

    //CHECK IF END OF LINE
    if (returnValue == -1){
        if (ferror(stdin) != 0){raiseError("FSCANF ERROR: I/O error");}
        else{exit (0);} // en este caso se identifica que el EOF no se debe a un error y s
    }
    //CHECK IF INPUT IS NUMERIC
    if (returnValue != 1){
        raiseError("Dimension no numerica");
    }

    //CHECK IF INPUT IS TYPE INT
    float mantiza = firstInputElement - (int)firstInputElement;
    if (mantiza > 0 || (firstInputElement <= 0)){
        raiseError("La dimension no es entera positiva");
    }

    //ALLOCATE MEMORY FOR MATRICES INPUT ELEMENTS
    (*dimention) = (int)firstInputElement;
    array = malloc(sizeof(double)*(*dimention)*(*dimention)*2);

    //CHECK IF ALLOCATION IS SUCCESSFULL
    if (array == NULL){
        raiseError("No se pudo allocar memoria para inputs");
    }
    //READ WHOLE LINE
    readElementsInLine((*dimention), array);

    return array;
}

void outputFile(FILE* out, char fileName[]){
    //ADAPTS FILE NAME
    char s[100] = "";
    strcat(s, ".");
    strcat(s, fileName);
    int return_value;

    //TRIES TO OPEN FILE
    FILE* fp;
    fp = fopen(s,"r");

```

```

    if(fp == NULL){
        raiseError("no se pudo abrir archivo de salida");
    }

    //OUTPUTS
    char c;
    while(c != EOF){
        c = getc(fp);
        if ((return_value = fprintf(out,"%c",c)) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O error");
        }

        if (ferror(stdin) != 0){
            raiseError("FGETC ERROR: I/O error");
        }
    }

matrix_t* create_matrix(size_t rows, size_t cols){
    matrix_t *matriz = malloc(sizeof(matrix_t));
    if (matriz == NULL){ //si no puede reservar la memoria, deja el puntero en NULL
        raiseError("no se pudo allocar memoria para matriz");
    }
    matriz->array = malloc(sizeof(double) * cols * rows); //representara los elementos de
    if (matriz->array == NULL){ //si no puede reservar la memoria, deja el puntero en NULL
        free(matriz);
        raiseError("no se pudo allocar memoria para elementos de matriz");
    }
    matriz->rows = rows;
    matriz->cols = cols;

    return matriz;
}

void destroy_matrix(matrix_t* m){
    if (m != NULL){
        free(m->array);
        free(m);
    }
}

void fillUpMatrices(matrix_t* matrix_a, matrix_t* matrix_b, int dimention, double* input){

    int i;
    for (i = 0; i < dimention*dimention; i++){
        matrix_a->array[i] = input[i];
    }

    for (i = dimention*dimention; i < dimention*dimention*2; i++){
        matrix_b->array[i - dimention*dimention] = input[i];
    }
}

matrix_t* matrix_multiply(matrix_t* matrix_a, matrix_t* matrix_b);

void print_matrix(FILE* out, matrix_t* matrix_m){

    int dimention = matrix_m->rows;

```

```

double x;
int i;
int return_value;

if ((return_value = fprintf(out,"%d",dimention)) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O e
if ((return_value = fprintf(out,"%c",' ')) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O error")}

    for (i = 0; i < dimention*dimention; i++){
        x = matrix_m->array[i];
        if ((return_value = fprintf(out,"%g",x)) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O error
        if ((return_value = fprintf(out,"%c",' ')) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O err
        }
    if ((return_value = fprintf(out,"\n")) < 0){raiseError("FPRINTF ERROR: I/O error");}
}

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

    //INITIALIZATION
    FILE* OUT = stdout;
    bool endProgram = false;

    //HANDELING COMANDS
    if (argc > 1){
        if (strcmp(argv[1],"-h") == 0 || strcmp(argv[1],"--help") == 0){
            char fileName[] = "help";
            outputFile(OUT,fileName);
            endProgram = true;
        }

        else if (strcmp(argv[1],"-V") == 0 || strcmp(argv[1],"--version") == 0){
            char fileName[] = "version";
            outputFile(OUT,fileName);
            endProgram = true;
        }
        else{
            raiseError("command parameter invalid");
        }
    }

    //MAIN PROGRAM
    while (!endProgram){

        matrix_t* matrix_a;
        matrix_t* matrix_b;
        matrix_t* matrix_c;

        int dimention;
        input = readInput(&dimention);
        matrix_a = create_matrix(dimention,dimention);
        matrix_b = create_matrix(dimention,dimention);
        fillUpMatrices(matrix_a,matrix_b,dimention,input);

        matrix_c = matrix_multiply(matrix_a,matrix_b);
        print_matrix(OUT,matrix_c);

        destroy_matrix(matrix_a);

```

```
        destroy_matrix ( matrix_b );
        destroy_matrix ( matrix_c );

        freeInputArray ();
    }
    return 0;
}
```

## 8. Codigo MIPS32 del codigo C

```

        .file      1  "tp1.c"
        .section   .mdebug.abi32
        .previous
        .abicalls
        .globl     input
        .globl     input
        .section   .bss
        .align     2
        .type      input, @object
        .size      input, 4
input:
        .space     4
        .text
        .align     2
        .globl     freeInputArray
        .ent       freeInputArray
freeInputArray:
        .frame      $fp,40,$ra                # vars= 0, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask       0xd0000000,-8
        .fmask      0x00000000,0
        .set        noreorder
        .cpload     $t9
        .set        reorder
        subu        $sp,$sp,40
        .cpstore    16
        sw          $ra,32($sp)
        sw          $fp,28($sp)
        sw          $gp,24($sp)
        move        $fp,$sp
        lw          $v0,input
        beq         $v0,$zero,$L18
        lw          $a0,input
        la          $t9,free
        jal         $ra,$t9
$L18:
        sw          $zero,input
        move        $sp,$fp
        lw          $ra,32($sp)
        lw          $fp,28($sp)
        addu        $sp,$sp,40
        j          $ra
        .end        freeInputArray
        .size       freeInputArray, .-freeInputArray
        .rdata
        .align     2
$LC0:
        .ascii      "elemento %d: %g\n\000"
        .text
        .align     2
        .globl     printArray
        .ent       printArray
printArray:
        .frame      $fp,48,$ra                # vars= 8, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask       0xd0000000,-8

```

```

        .fmask    0x00000000,0
        .set      noreorder
        .cload    $t9
        .set      reorder
        subu      $sp,$sp,48
        .cprestore 16
        sw        $ra,40($sp)
        sw        $fp,36($sp)
        sw        $gp,32($sp)
        move      $fp,$sp
        sw        $a0,48($fp)
        sw        $a1,52($fp)
        sw        $zero,24($fp)
$L20:
        lw        $v0,24($fp)
        lw        $v1,48($fp)
        slt       $v0,$v0,$v1
        bne       $v0,$zero,$L23
        b         $L19
$L23:
        lw        $v0,24($fp)
        sll       $v1,$v0,3
        lw        $v0,52($fp)
        addu      $v0,$v1,$v0
        la        $a0,$LC0
        lw        $a1,24($fp)
        lw        $a2,0($v0)
        lw        $a3,4($v0)
        la        $t9,printf
        jal       $ra,$t9
        lw        $v0,24($fp)
        addu      $v0,$v0,1
        sw        $v0,24($fp)
        b         $L20
$L19:
        move      $sp,$fp
        lw        $ra,40($sp)
        lw        $fp,36($sp)
        addu      $sp,$sp,48
        j         $ra
        .end      printArray
        .size     printArray,.-printArray
        .rdata
        .align    2
$LC1:
        .ascii    "\n\000"
        .align    2
$LC2:
        .ascii    "=====\n\000"
        .align    2
$LC3:
        .ascii    "ERROR MESSAGE:  %s\n\000"
        .text
        .align    2
        .globl   raiseError
        .ent     raiseError

```

```

raiseError:
    .frame    $fp,40,$ra                                # vars= 0, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
    .mask     0xd0000000,-8
    .fmask    0x00000000,0
    .set      noreorder
    .cpload   $t9
    .set      reorder
    subu      $sp,$sp,40
    .cpstore  16
    sw        $ra,32($sp)
    sw        $fp,28($sp)
    sw        $gp,24($sp)
    move      $fp,$sp
    sw        $a0,40($fp)
    la        $a0,--sF+176
    la        $a1,$LC1
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    la        $a0,--sF+176
    la        $a1,$LC2
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    la        $a0,--sF+176
    la        $a1,$LC3
    lw        $a2,40($fp)
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    la        $a0,--sF+176
    la        $a1,$LC2
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    la        $a0,--sF+176
    la        $a1,$LC1
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    la        $t9,freeInputArray
    jal       $ra,$t9
    li        $a0,1                                     # 0x1
    la        $t9,exit
    jal       $ra,$t9
    .end      raiseError
    .size     raiseError,.-raiseError
    .rdata
    .align    2

$LC4:
    .ascii    "FGETC ERROR: I/O error\000"
    .text
    .align    2
    .globl    readLine
    .ent      readLine

readLine:
    .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)
li      $v0,10                # 0xa
sw      $v0,24($fp)
sw      $zero,36($fp)
move    $a0,$zero
lw      $a1,24($fp)
la      $t9,realloc
jal     $ra,$t9
sw      $v0,28($fp)
lw      $v0,28($fp)
bne     $v0,$zero,$L26
lw      $v0,28($fp)
sw      $v0,40($fp)
b       $L25
$L26:
        .set      noreorder
nop
        .set      reorder
$L27:
lw      $a0,64($fp)
la      $t9,fgetc
jal     $ra,$t9
sw      $v0,32($fp)
lw      $v1,32($fp)
li      $v0,-1                # 0xffffffffffffffff
beq     $v1,$v0,$L28
lw      $v1,32($fp)
li      $v0,10                # 0xa
bne     $v1,$v0,$L29
b       $L28
$L29:
addu    $a1,$fp,36
lw      $v1,0($a1)
move    $a0,$v1
lw      $v0,28($fp)
addu    $a0,$a0,$v0
lbu     $v0,32($fp)
sb      $v0,0($a0)
addu    $v1,$v1,1
sw      $v1,0($a1)
lw      $v1,36($fp)
lw      $v0,24($fp)
bne     $v1,$v0,$L27
lw      $v0,24($fp)
addu    $v0,$v0,16
sw      $v0,24($fp)
lw      $a0,28($fp)
move    $a1,$v0
la      $t9,realloc

```



```

        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,28($fp)
        lw       $v0,28($fp)
        bne      $v0,$zero,$L27
        lw       $v0,28($fp)
        sw       $v0,40($fp)
        b        $L25
$L28:
        lhu      $v0,--sF+12
        srl      $v0,$v0,6
        andi     $v0,$v0,0x1
        beq      $v0,$zero,$L33
        lw       $a0,28($fp)
        la       $t9,free
        jal      $ra,$t9
        la       $a0,$LC4
        la       $t9,raiseError
        jal      $ra,$t9
$L33:
        addu     $a1,$fp,36
        lw       $v1,0($a1)
        move     $a0,$v1
        lw       $v0,28($fp)
        addu     $v0,$a0,$v0
        sb       $zero,0($v0)
        addu     $v1,$v1,1
        sw       $v1,0($a1)
        lw       $a0,28($fp)
        lw       $a1,36($fp)
        la       $t9,realloc
        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,28($fp)
        lw       $v0,28($fp)
        sw       $v0,40($fp)
$L25:
        lw       $v0,40($fp)
        move     $sp,$fp
        lw       $ra,56($sp)
        lw       $fp,52($sp)
        addu     $sp,$sp,64
        j        $ra
        .end     readLine
        .size    readLine,.-readLine
        .rdata
        .align   2
$LC5:
        .ascii   "%g %a\000"
        .align   2
$LC6:
        .ascii   "SSCANF ERROR: I/O error\000"
        .align   2
$LC7:
        .ascii   "No coincide dimension con cantidad de elementos ingresad"
        .ascii   "os\000"
        .align   2
$LC8:

```

```

        .ascii  "Input no numerico\000"
        .text
        .align  2
        .globl  readElementsInLine
        .ent    readElementsInLine
readElementsInLine:
        .frame   $fp,72,$ra                # vars= 32, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask    0xd0000000,-8
        .fmask   0x00000000,0
        .set     noreorder
        .cload   $t9
        .set     reorder
        subu     $sp,$sp,72
        .cprestore 16
        sw       $ra,64($sp)
        sw       $fp,60($sp)
        sw       $gp,56($sp)
        move     $fp,$sp
        sw       $a0,72($fp)
        sw       $a1,76($fp)
        la       $a0,--sF
        la       $t9,readLine
        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,24($fp)
        lw       $v0,24($fp)
        sw       $v0,28($fp)
        sw       $zero,40($fp)
$L35:
        addu     $v0,$fp,32
        addu     $v1,$fp,36
        lw       $a0,28($fp)
        la       $a1,$LC5
        move     $a2,$v0
        move     $a3,$v1
        la       $t9,sscanf
        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,44($fp)
        lhu      $v0,--sF+12
        srl      $v0,$v0,6
        andi     $v0,$v0,0x1
        beq      $v0,$zero,$L38
        lw       $a0,76($fp)
        la       $t9,free
        jal      $ra,$t9
        lw       $a0,24($fp)
        la       $t9,free
        jal      $ra,$t9
        la       $a0,$LC6
        la       $t9,raiseError
        jal      $ra,$t9
$L38:
        lw       $v1,44($fp)
        li       $v0,1                    # 0x1
        bne     $v1,$v0,$L39
        lw       $v1,28($fp)
        lw       $v0,36($fp)

```

```

        addu    $v0,$v1,$v0
        sw      $v0,28($fp)
        lw      $v0,40($fp)
        sll     $v1,$v0,3
        lw      $v0,76($fp)
        addu    $v0,$v1,$v0
        l.s     $f0,32($fp)
        cvt.d.s $f0,$f0
        s.d     $f0,0($v0)
        lw      $v0,40($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,40($fp)
        b       $L35
$L39:
        lw      $v1,44($fp)
        li      $v0,-1                # 0xffffffffffffffff
        bne     $v1,$v0,$L40
        lw      $v0,40($fp)
        sw      $v0,48($fp)
        lw      $v1,72($fp)
        lw      $v0,72($fp)
        mult    $v1,$v0
        mflo    $v0
        sll     $v1,$v0,1
        lw      $v0,48($fp)
        beq     $v0,$v1,$L34
        lw      $a0,76($fp)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,24($fp)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
        la      $a0,$LC7
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
        b       $L34
$L40:
        lw      $v1,44($fp)
        li      $v0,1                # 0x1
        beq     $v1,$v0,$L35
        lw      $a0,76($fp)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,24($fp)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
        la      $a0,$LC8
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
$L34:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,64($sp)
        lw      $fp,60($sp)
        addu    $sp,$sp,72
        j       $ra
        .end    readElementsInLine

```

```

        .size      readElementsInLine , .-readElementsInLine
        .rdata
        .align     2
$LC9:
        .ascii     "%g\000"
        .align     2
$LC10:
        .ascii     "FSCANF ERROR: I/O error\000"
        .align     2
$LC11:
        .ascii     "Dimension no numerica\000"
        .align     2
$LC12:
        .ascii     "La dimension no es entera positiva\000"
        .align     2
$LC13:
        .ascii     "No se pudo allocar memoria para inputs\000"
        .text
        .align     2
        .globl     readInput
        .ent       readInput
readInput:
        .frame      $fp,56,$ra                # vars= 16, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask       0xd0000000,-8
        .fmask      0x00000000,0
        .set        noreorder
        .cpload     $t9
        .set        reorder
        subu        $sp,$sp,56
        .cpstore    16
        sw          $ra,48($sp)
        sw          $fp,44($sp)
        sw          $gp,40($sp)
        move        $fp,$sp
        sw          $a0,56($fp)
        la          $a0,--sF
        la          $a1,$LC9
        addu        $a2,$fp,24
        la          $t9,fscanf
        jal         $ra,$t9
        sw          $v0,32($fp)
        lw          $v1,32($fp)
        li          $v0,-1                    # 0xffffffffffffffff
        bne         $v1,$v0,$L44
        lhu         $v0,--sF+12
        srl         $v0,$v0,6
        andi        $v0,$v0,0x1
        beq         $v0,$zero,$L45
        la          $a0,$LC10
        la          $t9,raiseError
        jal         $ra,$t9
        b           $L44
$L45:
        move        $a0,$zero
        la          $t9,exit
        jal         $ra,$t9

```

```

$L44:
    lw      $v1,32($fp)
    li      $v0,1                # 0x1
    beq     $v1,$v0,$L47
    la      $a0,$LC11
    la      $t9,raiseError
    jal     $ra,$t9

$L47:
    l.s     $f0,24($fp)
    trunc.w.s $f0,$f0,$v0
    cvt.s.w $f2,$f0
    l.s     $f0,24($fp)
    sub.s   $f0,$f0,$f2
    s.s     $f0,36($fp)
    l.s     $f2,36($fp)
    mtc1    $zero,$f0
    c.lt.s  $f0,$f2
    bc1t    $L49
    l.s     $f2,24($fp)
    mtc1    $zero,$f0
    c.le.s  $f2,$f0
    bc1t    $L49
    b       $L48

$L49:
    la      $a0,$LC12
    la      $t9,raiseError
    jal     $ra,$t9

$L48:
    lw      $v0,56($fp)
    l.s     $f0,24($fp)
    trunc.w.s $f0,$f0,$v1
    s.s     $f0,0($v0)
    lw      $v0,56($fp)
    lw      $v1,56($fp)
    lw      $a0,0($v0)
    lw      $v0,0($v1)
    mult    $a0,$v0
    mflo    $v0
    sll     $v0,$v0,4
    move    $a0,$v0
    la      $t9,malloc
    jal     $ra,$t9
    sw      $v0,28($fp)
    lw      $v0,28($fp)
    bne     $v0,$zero,$L50
    la      $a0,$LC13
    la      $t9,raiseError
    jal     $ra,$t9

$L50:
    lw      $v0,56($fp)
    lw      $a0,0($v0)
    lw      $a1,28($fp)
    la      $t9,readElementsInLine
    jal     $ra,$t9
    lw      $v0,28($fp)
    move    $sp,$fp

```

```

        lw      $ra,48($sp)
        lw      $fp,44($sp)
        addu    $sp,$sp,56
        j       $ra
        .end    readInput
        .size   readInput,.-readInput
        .rdata
        .align  2
$LC14:
        .ascii  "\000"
        .space  99
        .align  2
$LC15:
        .ascii  " ./\000"
        .align  2
$LC16:
        .ascii  " r\000"
        .align  2
$LC17:
        .ascii  "no se pudo abrir archivo de salida\000"
        .align  2
$LC18:
        .ascii  "%c\000"
        .align  2
$LC19:
        .ascii  "FPRINTF ERROR: I/O error\000"
        .text
        .align  2
        .globl  outputFile
        .ent    outputFile
outputFile:
        .frame  $fp,160,$ra                # vars= 120, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask   0xd0000000,-8
        .fmask  0x00000000,0
        .set    noreorder
        .cload  $t9
        .set    reorder
        subu    $sp,$sp,160
        .cprestore 16
        sw      $ra,152($sp)
        sw      $fp,148($sp)
        sw      $gp,144($sp)
        move    $fp,$sp
        sw      $a0,160($fp)
        sw      $a1,164($fp)
        lbu     $v0,$LC14
        sb      $v0,24($fp)
        addu    $v0,$fp,25
        li      $v1,99                     # 0x63
        move    $a0,$v0
        move    $a1,$zero
        move    $a2,$v1
        la      $t9,memset
        jal     $ra,$t9
        addu    $a0,$fp,24
        la      $a1,$LC15

```

```

        la      $t9, strcat
        jal     $ra, $t9
        addu    $a0, $fp, 24
        lw      $a1, 164($fp)
        la      $t9, strcat
        jal     $ra, $t9
        addu    $a0, $fp, 24
        la      $a1, $LC16
        la      $t9, fopen
        jal     $ra, $t9
        sw      $v0, 132($fp)
        lw      $v0, 132($fp)
        bne     $v0, $zero, $L52
        la      $a0, $LC17
        la      $t9, raiseError
        jal     $ra, $t9
$L52:
        .set    noreorder
        nop
        .set    reorder
$L53:
        lb      $v1, 136($fp)
        li      $v0, -1                # 0xffffffffffffffff
        bne     $v1, $v0, $L55
        b       $L54
$L55:
        lw      $v1, 132($fp)
        lw      $v0, 132($fp)
        lw      $v0, 4($v0)
        addu    $v0, $v0, -1
        sw      $v0, 4($v1)
        bgez    $v0, $L56
        lw      $a0, 132($fp)
        la      $t9, __srget
        jal     $ra, $t9
        sb      $v0, 137($fp)
        b       $L57
$L56:
        lw      $v0, 132($fp)
        lw      $v1, 0($v0)
        move    $a0, $v1
        lbu     $a0, 0($a0)
        sb      $a0, 137($fp)
        addu    $v1, $v1, 1
        sw      $v1, 0($v0)
$L57:
        lbu     $v0, 137($fp)
        sb      $v0, 136($fp)
        lb      $v0, 136($fp)
        lw      $a0, 160($fp)
        la      $a1, $LC18
        move    $a2, $v0
        la      $t9, fprintf
        jal     $ra, $t9
        sw      $v0, 128($fp)
        lw      $v0, 128($fp)

```

```

        bgez    $v0,$L53
        la      $a0,$LC19
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
        b       $L53
$L54:
        lhu     $v0,--sF+12
        srl     $v0,$v0,6
        andi    $v0,$v0,0x1
        beq     $v0,$zero,$L51
        la      $a0,$LC4
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
$L51:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,152($sp)
        lw      $fp,148($sp)
        addu    $sp,$sp,160
        j       $ra
        .end    outputFile
        .size   outputFile,.-outputFile
        .rdata
        .align  2
$LC20:
        .ascii  "no se pudo allocar memoria para matriz\000"
        .align  2
$LC21:
        .ascii  "no se pudo allocar memoria para elementos de matriz\000"
        .text
        .align  2
        .globl  create_matrix
        .ent    create_matrix
create_matrix:
        .frame   $fp,48,$ra                # vars= 8, regs= 4/0, args= 16, extra= 8
        .mask    0xd0010000,-4
        .fmask   0x00000000,0
        .set     noreorder
        .cpload  $t9
        .set     reorder
        subu     $sp,$sp,48
        .cprestore 16
        sw       $ra,44($sp)
        sw       $fp,40($sp)
        sw       $gp,36($sp)
        sw       $s0,32($sp)
        move     $fp,$sp
        sw       $a0,48($fp)
        sw       $a1,52($fp)
        li       $a0,12                    # 0xc
        la       $t9,malloc
        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,24($fp)
        lw       $v0,24($fp)
        bne      $v0,$zero,$L61
        la       $a0,$LC20
        la       $t9,raiseError

```



```

        jal      $ra,$t9
$L61:
        lw       $s0,24($fp)
        lw       $v1,52($fp)
        lw       $v0,48($fp)
        mult     $v1,$v0
        mflo     $v0
        sll      $v0,$v0,3
        move     $a0,$v0
        la       $t9, malloc
        jal      $ra,$t9
        sw       $v0,8($s0)
        lw       $v0,24($fp)
        lw       $v0,8($v0)
        bne      $v0,$zero,$L62
        lw       $a0,24($fp)
        la       $t9, free
        jal      $ra,$t9
        la       $a0,$LC21
        la       $t9, raiseError
        jal      $ra,$t9
$L62:
        lw       $v1,24($fp)
        lw       $v0,48($fp)
        sw       $v0,0($v1)
        lw       $v1,24($fp)
        lw       $v0,52($fp)
        sw       $v0,4($v1)
        lw       $v0,24($fp)
        move     $sp,$fp
        lw       $ra,44($sp)
        lw       $fp,40($sp)
        lw       $s0,32($sp)
        addu     $sp,$sp,48
        j        $ra
        .end     create_matrix
        .size    create_matrix,.-create_matrix
        .align   2
        .globl   destroy_matrix
        .ent     destroy_matrix
destroy_matrix:
        .frame   $fp,40,$ra                # vars= 0, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
        .mask    0xd0000000,-8
        .fmask   0x00000000,0
        .set     noreorder
        .cpload  $t9
        .set     reorder
        subu     $sp,$sp,40
        .cprestore 16
        sw       $ra,32($sp)
        sw       $fp,28($sp)
        sw       $gp,24($sp)
        move     $fp,$sp
        sw       $a0,40($fp)
        lw       $v0,40($fp)
        beq      $v0,$zero,$L63

```

```

        lw      $v0,40($fp)
        lw      $a0,8($v0)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,40($fp)
        la      $t9,free
        jal     $ra,$t9
$L63:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,32($sp)
        lw      $fp,28($sp)
        addu    $sp,$sp,40
        j       $ra
        .end    destroy_matrix
        .size   destroy_matrix,.-destroy_matrix
        .align  2
        .globl  fillUpMatrices
        .ent    fillUpMatrices
fillUpMatrices:
        .frame  $fp,24,$ra                                # vars= 8, regs= 2/0, args= 0, extra= 8
        .mask   0x50000000,-4
        .fmask  0x00000000,0
        .set    noreorder
        .cpld   $t9
        .set    reorder
        subu    $sp,$sp,24
        .cprestore 0
        sw      $fp,20($sp)
        sw      $gp,16($sp)
        move    $fp,$sp
        sw      $a0,24($fp)
        sw      $a1,28($fp)
        sw      $a2,32($fp)
        sw      $a3,36($fp)
        sw      $zero,8($fp)
$L66:
        lw      $v1,32($fp)
        lw      $v0,32($fp)
        mult    $v1,$v0
        mflo    $v1
        lw      $v0,8($fp)
        slt     $v0,$v0,$v1
        bne     $v0,$zero,$L69
        b       $L67
$L69:
        lw      $a0,24($fp)
        lw      $v0,8($fp)
        sll     $v1,$v0,3
        lw      $v0,8($a0)
        addu    $a0,$v1,$v0
        lw      $v0,8($fp)
        sll     $v1,$v0,3
        lw      $v0,36($fp)
        addu    $v0,$v1,$v0
        l.d     $f0,0($v0)
        s.d     $f0,0($a0)

```

```

        lw      $v0,8($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,8($fp)
        b       $L66
$L67:
        lw      $v0,32($fp)
        lw      $v1,32($fp)
        mult    $v0,$v1
        mflo    $v0
        sw      $v0,8($fp)
$L70:
        lw      $v1,32($fp)
        lw      $v0,32($fp)
        mult    $v1,$v0
        mflo    $v0
        sll     $v1,$v0,1
        lw      $v0,8($fp)
        slt     $v0,$v0,$v1
        bne     $v0,$zero,$L73
        b       $L65
$L73:
        lw      $a0,28($fp)
        lw      $v1,32($fp)
        lw      $v0,32($fp)
        mult    $v1,$v0
        mflo    $v1
        lw      $v0,8($fp)
        subu    $v0,$v0,$v1
        sll     $v1,$v0,3
        lw      $v0,8($a0)
        addu    $a0,$v1,$v0
        lw      $v0,8($fp)
        sll     $v1,$v0,3
        lw      $v0,36($fp)
        addu    $v0,$v1,$v0
        l.d     $f0,0($v0)
        s.d     $f0,0($a0)
        lw      $v0,8($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,8($fp)
        b       $L70
$L65:
        move    $sp,$fp
        lw      $fp,20($sp)
        addu    $sp,$sp,24
        j       $ra
        .end    fillUpMatrices
        .size   fillUpMatrices,.-fillUpMatrices
        .rdata
        .align  2
$LC22:
        .ascii  "%d\000"
        .text
        .align  2
        .globl  print_matrix
        .ent    print_matrix

```

```

print_matrix :
    .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)
    lw        $v0,68($fp)
    lw        $v0,0($v0)
    sw        $v0,24($fp)
    lw        $a0,64($fp)
    la        $a1,$LC22
    lw        $a2,24($fp)
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    sw        $v0,44($fp)
    lw        $v0,44($fp)
    bgez      $v0,$L75
    la        $a0,$LC19
    la        $t9,raiseError
    jal       $ra,$t9
$L75:
    lw        $a0,64($fp)
    la        $a1,$LC18
    li        $a2,32                                # 0x20
    la        $t9,fprintf
    jal       $ra,$t9
    sw        $v0,44($fp)
    lw        $v0,44($fp)
    bgez      $v0,$L76
    la        $a0,$LC19
    la        $t9,raiseError
    jal       $ra,$t9
$L76:
    sw        $zero,40($fp)
$L77:
    lw        $v1,24($fp)
    lw        $v0,24($fp)
    mult      $v1,$v0
    mflo      $v1
    lw        $v0,40($fp)
    slt       $v0,$v0,$v1
    bne       $v0,$zero,$L80
    b         $L78
$L80:
    lw        $a0,68($fp)
    lw        $v0,40($fp)
    sll       $v1,$v0,3

```

```

        lw      $v0,8($a0)
        addu    $v0,$v1,$v0
        l.d     $f0,0($v0)
        s.d     $f0,32($fp)
        lw      $a0,64($fp)
        la      $a1,$LC9
        lw      $a2,32($fp)
        lw      $a3,36($fp)
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,44($fp)
        lw      $v0,44($fp)
        bgez    $v0,$L81
        la      $a0,$LC19
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
$L81:
        lw      $a0,64($fp)
        la      $a1,$LC18
        li      $a2,32          # 0x20
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,44($fp)
        lw      $v0,44($fp)
        bgez    $v0,$L79
        la      $a0,$LC19
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
$L79:
        lw      $v0,40($fp)
        addu    $v0,$v0,1
        sw      $v0,40($fp)
        b       $L77
$L78:
        lw      $a0,64($fp)
        la      $a1,$LC1
        la      $t9,fprintf
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,44($fp)
        lw      $v0,44($fp)
        bgez    $v0,$L74
        la      $a0,$LC19
        la      $t9,raiseError
        jal     $ra,$t9
$L74:
        move    $sp,$fp
        lw      $ra,56($sp)
        lw      $fp,52($sp)
        addu    $sp,$sp,64
        j       $ra
        .end    print_matrix
        .size   print_matrix,.-print_matrix
        .rdata
        .align  2
$LC23:
        .ascii  "-h\000"

```

```

    .align    2
$LC24:
    .ascii   "--help\000"
    .align    2
$LC25:
    .ascii   "help\000"
    .align    2
$LC26:
    .ascii   "-V\000"
    .align    2
$LC27:
    .ascii   "--version\000"
    .align    2
$LC28:
    .ascii   "version\000"
    .align    2
$LC29:
    .ascii   "command parameter invalid\000"
    .text
    .align    2
    .globl   main
    .ent     main

main:
    .frame   $fp,80,$ra                # vars= 40, regs= 3/0, args= 16, extra= 8
    .mask    0xd0000000,-8
    .fmask    0x00000000,0
    .set     noreorder
    .cpload   $t9
    .set     reorder
    subu     $sp,$sp,80
    .cprestore 16
    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+88
    sw       $v0,24($fp)
    sb       $zero,28($fp)
    lw       $v0,80($fp)
    slt      $v0,$v0,2
    bne      $v0,$zero,$L85
    lw       $v0,84($fp)
    addu     $v0,$v0,4
    lw       $a0,0($v0)
    la       $a1,$LC23
    la       $t9,strcmp
    jal      $ra,$t9
    beq      $v0,$zero,$L87
    lw       $v0,84($fp)
    addu     $v0,$v0,4
    lw       $a0,0($v0)
    la       $a1,$LC24
    la       $t9,strcmp
    jal      $ra,$t9

```

```

    bne      $v0,$zero,$L86
$L87:
    lw       $v0,$LC25
    sw       $v0,32($fp)
    lbu      $v0,$LC25+4
    sb       $v0,36($fp)
    addu     $v0,$fp,32
    lw       $a0,24($fp)
    move     $a1,$v0
    la       $t9,outputFile
    jal      $ra,$t9
    li       $v0,1                # 0x1
    sb       $v0,28($fp)
    b        $L85
$L86:
    lw       $v0,84($fp)
    addu     $v0,$v0,4
    lw       $a0,0($v0)
    la       $a1,$LC26
    la       $t9,strcmp
    jal      $ra,$t9
    beq      $v0,$zero,$L90
    lw       $v0,84($fp)
    addu     $v0,$v0,4
    lw       $a0,0($v0)
    la       $a1,$LC27
    la       $t9,strcmp
    jal      $ra,$t9
    bne      $v0,$zero,$L89
$L90:
    lw       $v0,$LC28
    sw       $v0,40($fp)
    lw       $v0,$LC28+4
    sw       $v0,44($fp)
    addu     $v0,$fp,40
    lw       $a0,24($fp)
    move     $a1,$v0
    la       $t9,outputFile
    jal      $ra,$t9
    li       $v0,1                # 0x1
    sb       $v0,28($fp)
    b        $L85
$L89:
    la       $a0,$LC29
    la       $t9,raiseError
    jal      $ra,$t9
$L85:
    .set     noreorder
    nop
    .set     reorder
$L92:
    lbu      $v0,28($fp)
    beq      $v0,$zero,$L94
    b        $L93
$L94:
    addu     $v0,$fp,60

```

```

        move    $a0,$v0
        la      $t9,readInput
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,input
        lw      $a0,60($fp)
        lw      $a1,60($fp)
        la      $t9,create_matrix
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,48($fp)
        lw      $a0,60($fp)
        lw      $a1,60($fp)
        la      $t9,create_matrix
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,52($fp)
        lw      $a0,48($fp)
        lw      $a1,52($fp)
        lw      $a2,60($fp)
        lw      $a3,input
        la      $t9,fillUpMatrices
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,48($fp)
        lw      $a1,52($fp)
        la      $t9,matrix_multiply
        jal     $ra,$t9
        sw      $v0,56($fp)
        lw      $a0,24($fp)
        lw      $a1,56($fp)
        la      $t9,print_matrix
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,48($fp)
        la      $t9,destroy_matrix
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,52($fp)
        la      $t9,destroy_matrix
        jal     $ra,$t9
        lw      $a0,56($fp)
        la      $t9,destroy_matrix
        jal     $ra,$t9
        la      $t9,freeInputArray
        jal     $ra,$t9
        b       $L92
$L93:
        move    $v0,$zero
        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)"

```



## **9. Enunciado**

Se adjunta el enunciado del trábajo práctico 1.

Universidad de Buenos Aires - FIUBA  
66.20 Organización de Computadoras  
Trabajo práctico 1: Programación MIPS  
2<sup>do</sup> cuatrimestre de 2019

\$Date: 2019/10/01 23:05:25 \$

## 1. Objetivos

Familiarizarse con el conjunto de instrucciones MIPS y el concepto de ABI, extendiendo un programa que resuelva el problema descrito a continuación.

## 2. Alcance

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

## 3. Requisitos

El trabajo deberá ser entregado personalmente, en la fecha estipulada, con una carátula que contenga los datos completos de todos los integrantes, un informe impreso de acuerdo con lo que mencionaremos en la sección 6, y con una copia digital de los archivos fuente necesarios para compilar el trabajo.

## 4. Descripción

El programa, deberá multiplicar matrices cuadradas de números reales, representados en punto flotante de doble precisión.

Las matrices a multiplicar ingresarán como texto por entrada estándar (`stdin`), donde cada línea describe completamente cada par de matrices a multiplicar, según el siguiente formato:

$$N \ a_{1,1} \ a_{1,2} \ \dots \ a_{N,N} \ b_{1,1} \ b_{1,2} \ \dots \ b_{N,N}$$

La línea anterior representa a las matrices  $A$  y  $B$ , de  $N \times N$ . Los elementos de la matriz  $A$  son los  $a_{x,y}$ , siendo  $x$  e  $y$  los índices de fila y columna respectivamente<sup>1</sup>. Los elementos de la matriz  $B$  se representan por los  $b_{x,y}$  de la misma forma que los de  $A$ .

---

<sup>1</sup>Notar que es una representación del tipo *row major order*, siguiendo el orden en que C dispone las matrices en memoria.

El fin de línea es el caracter `\n` (*newline*). Los componentes de la línea están separados entre sí por uno o más espacios. El formato de los números en punto flotante son los que corresponden al especificador de conversión ‘g’ de `printf`<sup>2</sup>.

Por ejemplo, dado el siguiente producto de matrices cuadradas:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix}$$

Su representación sería:

```
2 1 2 3 4 5 6 7 8
```

Por cada par de matrices que se presenten por cada línea de entrada, el programa deberá multiplicarlas y presentar el resultado por su salida estándar (`stdout`) en el siguiente formato, hasta que llegue al final del archivo de entrada (`EOF`):

```
N c1,1 c1,2 ... cN,N
```

Ante un error, el programa deberá informar la situación inmediatamente (por `stderr`) y detener su ejecución.

---

<sup>2</sup>Ver man 3 `printf`, “Conversion specifiers”.

## 4.1. Ejemplos

Primero, usamos la opción `-h` para ver el mensaje de ayuda:

```
$ tp1 -h
Usage:
  tp1 -h
  tp1 -V
  tp1 < in_file > out_file
Options:
  -V, --version      Print version and quit.
  -h, --help         Print this information and quit.
Examples:
  tp1 < in.txt > out.txt
  cat in.txt | tp1 > out.txt
```

A continuación, ejecutamos algunas pruebas:

```
$ cat example.txt
2 1 2 3 4 1 2 3 4
3 1 2 3 4 5 6.1 3 2 1 1 0 0 0 1 0 0 0 1

$ cat example.txt | ./tp1
2 7 10 15 22
3 1 2 3 4 5 6.1 3 2 1
```

En este ejemplo, realizamos las siguientes multiplicaciones, siendo los miembros izquierdos de la ecuación las matrices de entrada (`stdin`), y los miembros derechos las matrices de salida (`stdout`):

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 & 10 \\ 15 & 22 \end{pmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6.1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6.1 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

## 4.2. Interfaz

Las matrices deberán ser representadas por el tipo de datos `matrix_t`, definido a continuación:

```
typedef struct matrix {
    size_t rows;
    size_t cols;
    double* array;
} matrix_t;
```

Notar que los atributos `rows` y `cols` representan respectivamente la cantidad filas y columnas de la matriz. El atributo `array` contendrá los elementos de la matriz dispuestos en row-major order [3].

Los métodos a implementar, que aplican sobre el tipo de datos `matrix_t` son:

```
// Constructor de matrix_t
matrix_t* create_matrix(size_t rows, size_t cols);

// Destructor de matrix_t
void destroy_matrix(matrix_t* m);

// Imprime matrix_t sobre el file pointer fp en el formato solicitado
// por el enunciado
int print_matrix(FILE* fp, matrix_t* m);

// Multiplica las matrices en m1 y m2
matrix_t* matrix_multiply(matrix_t* m1, matrix_t* m2);
```

## 5. Implementación

A diferencia del TP anterior, en este caso deberá suministrarse una implementación de `matrix_multiply()` en código assembly MIPS. Así, el resto del programa deberá estar escrito en C, e interactuar con esta función para realizar la multiplicación de matrices.

## 6. Informe

El informe deberá incluir:

- Documentación relevante al diseño e implementación del programa;
- Comando(s) para compilar el programa;
- Las corridas de prueba, con los comentarios pertinentes;
- El código fuente, en lenguaje C y MIPS;
- El código MIPS32 generado por el compilador<sup>3</sup>;

---

<sup>3</sup>Por motivos prácticos, en la copia impresa sólo es necesario incluir la primera página del código assembly MIPS32 generado por el compilador.

- Este enunciado.

## 7. Fechas

Fecha de vencimiento: martes 15/10.

## Referencias

- [1] GXemul, <http://gavare.se/gxemul/>.
- [2] The NetBSD project, <http://www.netbsd.org/>.
- [3] Row-major order (Wikipedia), [https://en.wikipedia.org/wiki/Row-major\\_order](https://en.wikipedia.org/wiki/Row-major_order).