***Objetivo:*** Comprender la estructura de un programa en lenguaje ensamblador MIPS básico. Introducción a la interfaz `mipsx` y al conjunto de instrucción MIPS.

***Recursos y Bibliografía:***

*Manual de la arquitectura MIPS Vol II*
*Apunte de MIPS*
Programa `mipsx`

## Ejercicio 0.

a. Explique con sus palabras para qué sirve el BUS que interconecta la CPU con la memoria principal. Que señales existen, para qué se utilizan. Qué información coloca la CPU en el BUS para leer una palabra desde memoria principal (cargar), o escribir una palabra a memoria principal. Explique qué funciones realiza la memoria principal con los datos que le llegan del BUS. ¿Por qué se dice que "no es necesario", para la memoria principal, saber si del otro lado del BUS existe una CPU u otro componente?

b. Analice utilizando el pdf MIPS32 Vol II: The MIPS32 Instruction Set, las siguientes instrucciones:

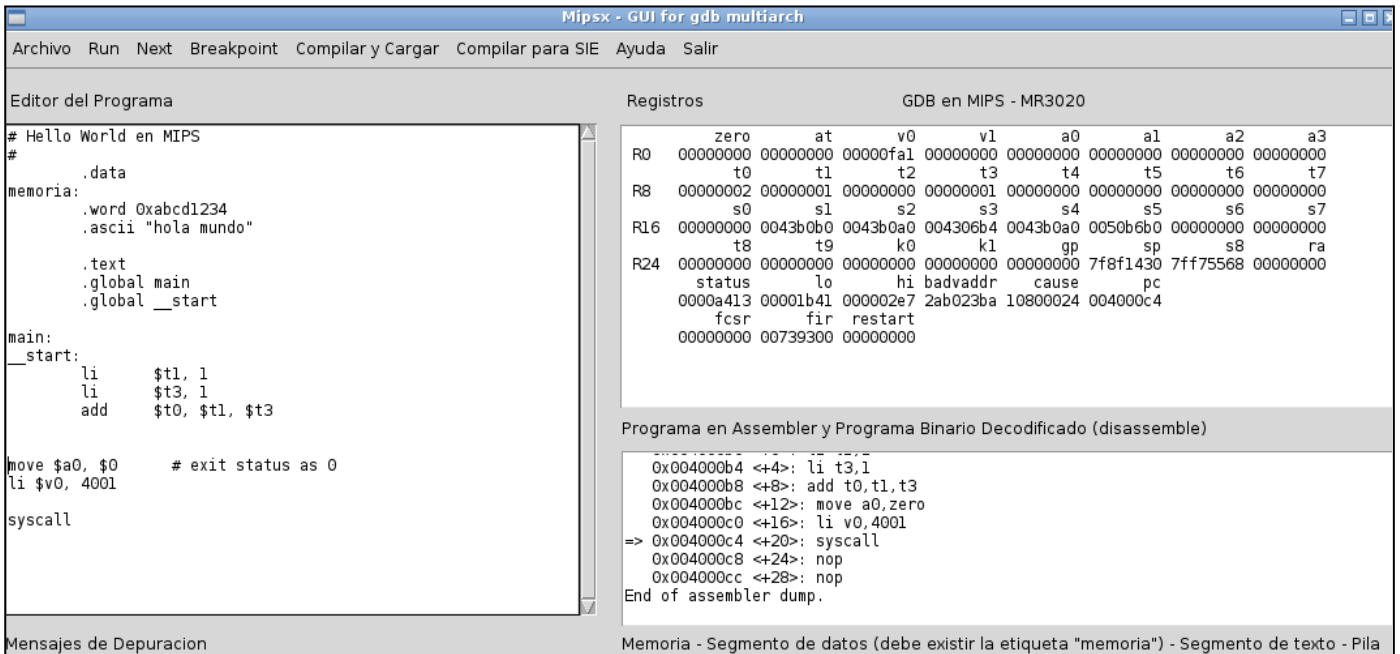
Cargar constantes: lui, addi
de ALU: addi, addu, add, sub, subu, and, or
Transferir datos entre procesador y RAM: lw, sw, lb, sb, lbu, lh, sh
Bifurcacion (y saltos condicionales): beq, bnq, slt
Saltos: j, jr, b

## Ejercicio 1. Introducción a mipsx

El programa `mipsx`, ha utilizar en este trabajo práctico, es una interfaz gráfica para desarrollar programas en lenguaje ensamblador MIPS. Permite trabajar en conjunto con sistemas MIPS emulados y reales.

`mipsx` permite ensamblar y vincular los programas desarrollados con gcc as y gcc ld respectivamente. También ejecutar, y al mismo tiempo analizar, los programas compilados a través del debugger gdb. A partir de estas características, es posible realizar todo el proceso de desarrollo y verificación de programas en lenguaje ensamblador con una única herramienta, mientras que los programas pueden ser ejecutados y analizados en diferentes sistemas `MIPS`.

A continuación se detallan las partes fundamentales de esta interfaz.



El programa presenta cinco paneles:

**Editor del Programa:** es el editor ha utilizar para el desarrollo de los programas en lenguaje ensamblador.

**Registros:** presenta el contenido de los registros del procesador (CPU).

**Programa en assembler y Programa Binario Decodificado:** muestra el listado del programa con sus respectivos números de línea. Permite seguir la traza de las instrucciones ejecutadas del programa siendo procesado por gdb.

También presenta un "disassemble" del programa en memoria, muy útil para reconocer pseudoinstrucciones y comparar con el programa original.

**Memoria:** permite visualizar el contenido de la memoria de la máquina MIPS. En particular, los segmentos del programa en memoria, de datos, de texto, y pila.

**Mensajes de depuración:** muestra información del estado del ensamblaje y vinculación, carga, y mensajes del programa siendo ejecutado por gdb, y la salida estándar.

El panel superior contiene los botones que controlan a `mipsx` :

**Run** : Ejecuta el programa siendo analizado hasta su finalización.
**Next** : Ejecuta la siguiente instrucción del programa en ejecución.
**Breakpoint** : Define o elimina breakpoints (NO IMPLEMENTADO).
**Compilar y Cargar** : copia, ensambla y vincula, en el sistema `MIPS` remoto, el programa siendo editado. Carga el programa ejecutable con gdb e inicia la ejecución de la primera instrucción del programa si no se presentaron errores.

**NOTA**: Para ejecutar mipsx debe contar con un usuario de red en los laboratorios de Pcs Linux. Si todavía no tiene una cuenta de usuario de red puede solicitar una a la cátedra. La cuenta será de utilidad para el resto de las materias en la carrera.

**a.** Ejecutar el programa mipsx: En una terminal ejecutar el siguiente comando:

```
$ /export/home/extras/mipsx/mipsx.sh
```

**b.** Desarrollar el siguiente programa utilizando mipsx

**IMPORTANTE**: **No utilice la función COPIAR y PEGAR para transferir el programa a mipsx.** Esta acción suele "copiar" caracteres no-visibles, que puede resultar en un programa en mipsx que no está apto para ser ensamblado.

```
# Hello World en MIPS
#
        .data           # Zona de datos
memoria:
        .word 2, 3
        .word 0xabcd1234
        .ascii "hola mundo"
```

```
        .text           # Zona del programa
        .global main    # La etiqueta main debe ser global
        .global __start # La etiqueta __start debe ser global
__start:
main:
        la      $t0, memoria
        lw      $t1, 0($t0)
        lw      $t2, 4($t0)
        add     $t3, $t1, $t2
        sw      $t3, 8($t0)

# finaliza el programa solicitando un `exit` al sistema Linux
        move $a0, $0      # exit status as 0
        li $v0, 4001      # __NR_exit include/asm-mips/unistd.h
        syscall
```

Recordemos que las palabras que comienzan con un punto: .data, .word, .text y .globl, etc son directivas al compilador, y que se utilizan para dar ordenes especiales acerca de cómo debe generarse el código. Los significados de algunas de las directivas utilizadas en este programa son (ver el APUNTE de MIPS):

- **.data**: los siguientes elementos han de situarse en el segmento de datos.
- **.word, .byte, .float, .ascii, etc.**: especifican el tipo de los datos que se detallan a continuación de la directiva.
- **.text**: indica al ensamblador que los siguientes elementos han de situarse en el segmento de texto (programas) del usuario.
- **.globl**: declara la etiqueta que le sigue como global, de forma tal que pueda ser referenciada desde el código del sistema que inicia nuestro programa.

**c.** Compilar y Cargar el programa. Verificar en el panel de Depuración que no se han presentado errores al compilar el programa.

Si el programa se cargó con `gdb` sin errores puede analizar el contenido de los diferentes paneles de información. Conteste :

1. ¿Cuál es el valor del registro $pc del procesador?
2. ¿Cuál es el valor del registro $0 ($zero)?
3. Analice con el registro $pc y los diferentes paneles cuál es la próxima instrucción que se ejecutará en la CPU MIPS. ¿Puede indicar la línea de su programa que corresponde a la próxima instrucción a ejecutar por la CPU? (Indicar la línea del programa que corresponde a esta instrucción y la instrucción en lenguaje ensamblador).

**d.** Ejecución paso a paso: Compilar y cargar el programa nuevamente. Luego, ejecute el programa paso a paso utilizando la orden Next. Cada vez que demos la orden de ejecutar un paso, se ejecutará una única instrucción y se detendrá la ejecución del programa, para que podamos observar el efecto producido por la instrucción. Contestar:

1. ¿Cuál es la dirección en memoria de la primera instrucción del programa?
2. ¿Cuál es la dirección en memoria de la última instrucción del programa?
3. Con la información anterior responda: ¿Cuántos bytes ocupa el segmento de código en memoria? (de instrucciones).

**e.** Ejecución del programa. Cargue nuevamente y ejecute el programa completo utilizando la orden Run. La máquina MIPS ejecutará el programa por completo hasta su finalización. Cuando la máquina MIPS termine la ejecución se indicará en el panel de Depuración con la leyenda "Ejecución FINALIZADA". Conteste:

1. ¿Cuál es el valor del registro t1, t2 y t3 al finalizar el programa?
2. Explique el funcionamiento del programa.
3. Explique qué sucedió con la palabra de texto "hola" que se encontraba en memoria.

## Ejercicio 2.

Escriba un programa que realice la sumatoria del siguiente arreglo con elementos de tipo byte y almacene su resultado en "resultado". La variable "cantidad" contiene la cantidad de elementos del arreglo, el código debe funcionar aunque se cambie la cantidad de elementos.

```
.data
cantidad:
	.word 10
arreglo1:
	.byte 8, 12, 3, 5, 7, 1, 2, 3, 4, 21
resultado:
	.byte 0
.text
#Completar
```

No olvide agregar el siguiente segmento de código al final del programa para que el proceso pueda terminar correctamente, además de la declaración de `__start`. Se recomienda utilizar la ejecución paso a paso para detectar los errores.

```
# finaliza el programa solicitando un `exit` al sistema Linux
	move $a0, $0	# exit status as 0
	li $v0, 4001	# __NR_exit include/asm-mips/unistd.h
	syscall
```

## Ejercicio 3.

Sabiendo que X e Y son dos variables declaradas como enteros, y utilizando solo las instrucciones beq, bne, j, y slt para comparar entre registros, cree fragmentos de código en lenguaje ensamblador que implementen las siguientes estructuras de control:

1. `if(X!=Y){/*código*/}`
2. `if(X<Y){/*código*/} else {/*código2*/}`
3. `while(X!=11){/*código*/}`
4. `do{/*código*/}while(X>=0)`
5. `for(X=0; X<Y; X++){/*código}`