

Họ và Tên: Đinh Ngọc Khánh Huyền

MSSV: 20225726

Laboratory Exercise 2

Assignment 1: lệnh gán số 16 – bit

- Sau câu lệnh đầu tiên:

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface. The Text Segment window displays two instructions: `addi $s0, $zero, 0x3007` at address `0x00400000` and `add $s0, $zero, 20` at address `0x00400004`. The Data Segment window shows a memory dump from address `0x10010000` to `0x10010120`, with all values set to `0x00000000`. The Registers window on the right shows the state of the MIPS registers. Register `$s0` (number 16) contains the value `0x00003007`. Register `$pc` (number 31) contains the value `0x00400004`, which is the address of the next instruction.

- Giá trị thanh ghi \$s0 thay đổi thành 0x00003007. Do câu lệnh “addi \$s0, \$zero, 0x3007” dùng để thay đổi địa chỉ của thanh ghi đích là \$s0 thành 0x00003007.
- Giá trị thanh ghi pc thay đổi thành 0x00400004 do pc lưu địa chỉ của dòng lệnh tiếp theo.
- Sau câu lệnh tiếp theo:

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface after the second instruction. The Text Segment window displays the same two instructions. The Data Segment window shows a memory dump from address `0x10010000` to `0x10010120`, with all values set to `0x00000000`. The Registers window on the right shows the state of the MIPS registers. Register `$s0` (number 16) now contains the value `0x00000000`. Register `$pc` (number 31) contains the value `0x00400008`, which is the address of the next instruction.

- Giá trị của thanh ghi \$s0 thay đổi trở về 0x00000000. Do câu lệnh “add \$s0, \$zero, \$0” dùng để thay đổi địa chỉ của thanh ghi đích là \$s0 thành 0x00000000.
- Giá trị thanh ghi pc thay đổi thành 0x00400008 do pc lưu địa chỉ của dòng lệnh tiếp theo.
- Kiểm tra mã máy của các lệnh so với khuôn dạng lệnh:

Lệnh `addi $s0, $zero, 0x3007`:

- I – format
 - Op: 8 -> 001000
 - rt: \$s0 -> \$16 -> 10000
 - rs: \$zero -> \$0 -> 00000
 - imm: 0x3007 -> 0011 0000 0000 0111
- lệnh máy: 0010 0010 0000 0000 0011 0000 0000 0111 -> 0x20103007.
- Vậy mã máy này đúng với khuôn dạng lệnh

Lệnh add \$0, \$zero, \$0:

- R – format
 - Op: 0 -> 000000
 - rt: 0 -> 00000
 - rd: 16 -> 10000
 - sh: 0 -> 00000
 - fn: 32 -> 100000
- lệnh máy: 0000 0000 0001 0000 000 0010 0000 -> 0x00008020.
- Vậy mã máy này đúng với khuôn dạng lệnh.
- Thay lệnh addi ban đầu thành “addi \$s0, \$zero, 0x2110003d”

Sau khi chạy câu lệnh sẽ tự động chuyển thành:

lui \$1, 0x00002110

ori \$1, \$1, 0x0000003d

add \$16, \$0, \$1

- Dễ thấy các lệnh thao tác với hằng số ở trên đều có giới hạn 16 bit cho hằng số nhưng 0x2110003d là một số 32 – bit nên câu lệnh bị tách ra thành lui và ori.

Assignment 2: lệnh gán số 32 – bit

- Sau khi thực hiện câu lệnh đầu tiên:

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface. The **Text Segment** displays the following instructions:

Block	Address	Code	Basic	Source
0x00400000	0x3e102110	lui \$t1, 0x00002110		2: lui \$t1 Source code line upper half of pattern in \$s0
0x00400004	0x3e10000d	ori \$s0, \$t1, 0x0000000d		3: ori \$s0, \$t1, 0x0000000d put lower half of pattern in \$s0

The **Data Segment** shows memory addresses from 0x10010000 to 0x10010120, all containing 0x00000000. The **Registers** window shows the following values:

Name	Number	Value
\$zero	0	0x00000000
\$at	1	0x00000000
\$v0	2	0x00000000
\$v1	3	0x00000000
\$a0	4	0x00000000
\$a1	5	0x00000000
\$a2	6	0x00000000
\$a3	7	0x00000000
\$t0	8	0x00000000
\$t1	9	0x00000000
\$t2	10	0x00000000
\$t3	11	0x00000000
\$t4	12	0x00000000
\$t5	13	0x00000000
\$t6	14	0x00000000
\$t7	15	0x00000000
\$s0	16	0x21100000
\$s1	17	0x00000000
\$s2	18	0x00000000
\$s3	19	0x00000000
\$s4	20	0x00000000
\$s5	21	0x00000000
\$s6	22	0x00000000
\$s7	23	0x00000000
\$t8	24	0x00000000
\$t9	25	0x00000000
\$k0	26	0x00000000
\$k1	27	0x00000000
\$gp	28	0x10008000
\$sp	29	0x7ffffefc
\$fp	30	0x00000000
\$ra	31	0x00000000
\$pc		0x00400004
\$hi		0x00000000
\$lo		0x00000000

- + Giá trị của thanh ghi \$s0 thay đổi thành 0x21100000. Do câu lệnh lui dịch chuyển giá trị ngay 16 bit sang trái và lưu vào thanh ghi đích.
- + Giá trị của pc thay đổi thành 0x00400004 do pc lưu địa chỉ dòng lệnh tiếp theo.
- Sau khi thực hiện câu lệnh thứ 2:

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface. The **Text Segment** displays the following instructions:

Block	Address	Code	Basic	Source
0x00400000	0x3e102110	lui \$t1, 0x00002110		2: lui \$t1, 0x2110 put upper half of pattern in \$s0
0x00400004	0x3e10003d	ori \$s0, \$t1, 0x0000000d		3: ori \$s0, \$t1, 0x0000000d put lower half of pattern in \$s0

The **Data Segment** shows memory addresses from 0x10010000 to 0x10010120, all containing 0x00000000. The **Registers** window shows the following values:

Name	Number	Value
\$zero	0	0x00000000
\$at	1	0x00000000
\$v0	2	0x00000000
\$v1	3	0x00000000
\$a0	4	0x00000000
\$a1	5	0x00000000
\$a2	6	0x00000000
\$a3	7	0x00000000
\$t0	8	0x00000000
\$t1	9	0x00000000
\$t2	10	0x00000000
\$t3	11	0x00000000
\$t4	12	0x00000000
\$t5	13	0x00000000
\$t6	14	0x00000000
\$t7	15	0x00000000
\$s0	16	0x2110003d
\$s1	17	0x00000000
\$s2	18	0x00000000
\$s3	19	0x00000000
\$s4	20	0x00000000
\$s5	21	0x00000000
\$s6	22	0x00000000
\$s7	23	0x00000000
\$t8	24	0x00000000
\$t9	25	0x00000000
\$k0	26	0x00000000
\$k1	27	0x00000000
\$gp	28	0x10008000
\$sp	29	0x7ffffefc
\$fp	30	0x00000000
\$ra	31	0x00000000
\$pc		0x00400008
\$hi		0x00000000
\$lo		0x00000000

- + Giá trị của thanh ghi \$s0 thay đổi thành 0x2110003d. Do lệnh ori được sử dụng để thực hiện phép OR giữa giá trị hiện tại của thanh ghi và giá trị 16 – bit của hằng số.
- + Giá trị của pc thay đổi thành 0x00400008 do pc lưu địa chỉ của dòng lệnh tiếp theo.
- Ở cửa sổ Data Segment khi quan sát các byte đầu tiên ở vùng lệnh ta thấy nó trùng với cột Code trong Text Segment.

Assignment 3: lệnh gán (giả lệnh)

The screenshot shows the MARS MIPS simulator interface. The 'Text Segment' window displays the following assembly code:

```

0x00400000 0x3e021100 lui $1,0x0002110 2: li $s0,0x2110003d #pseudo instruction=2 basic instructions
0x00400004 0x3430003d ori $16,$1,0x0000003d
0x00400008 0x24110002 addiu $17,$0,0x00000002 3: li $s1,0x2 #but if the immediate value is small, one ins

```

The 'Data Segment' window shows a memory dump with addresses from 0x10010000 to 0x10010120, all containing 0x00000000. The 'Registers' window shows the state of MIPS registers, with \$s1 (register 17) highlighted and containing the value 0x00000002.

Khi dịch mã trên chương trình MARS sẽ dịch thành

lui \$1, 0x00002110

ori \$16, \$1, 0x0000003d

addiu \$17, \$0, 0x00000002

- Sau khi dịch, ta thấy không có lệnh li nào được thực hiện vì thực tế li là một giả lệnh (pseudo instruction) nên bản chất khi sử dụng lệnh này nó sẽ tự động chuyển thành một tập các lệnh tương ứng để thực hiện chức năng gán:
- Ta thấy dòng lệnh thứ nhất được tách thành 2 lệnh lui và ori do 0x2110003d là số 32-bit không thể lưu trực tiếp còn lệnh thứ 2 số được gán nhỏ nên có thể lưu trực tiếp.

Assignment 4: tính biểu thức $2x + y = ?$

- Sau khi thực hiện dòng lệnh đầu tiên:

The screenshot shows the MARS MIPS simulator interface after the first instruction. The 'Text Segment' window displays the following assembly code:

```

0x00400000 0x20090005 addi $9,$0,0x00000005 4: addi $t1, $zero, 5 # X = $t1 = ?
0x00400004 0x200affff addi $10,$0,0xfffffff 5: addi $t2, $zero, -1 # Y = $t2 = ?
0x00400008 0x01298020 add $16,$9,$9 7: add $s0, $t1, $t2 # $s0 = $t1 + $t2 = X + Y = 2X
0x0040000c 0x020a8020 add $16,$16,$10 8: add $s0, $s0, $t2 # $s0 = $s0 + $t2 = 2X + Y

```

The 'Data Segment' window shows a memory dump with addresses from 0x10010000 to 0x10010120, all containing 0x00000000. The 'Registers' window shows the state of MIPS registers, with \$t1 (register 9) highlighted and containing the value 0x00000005.

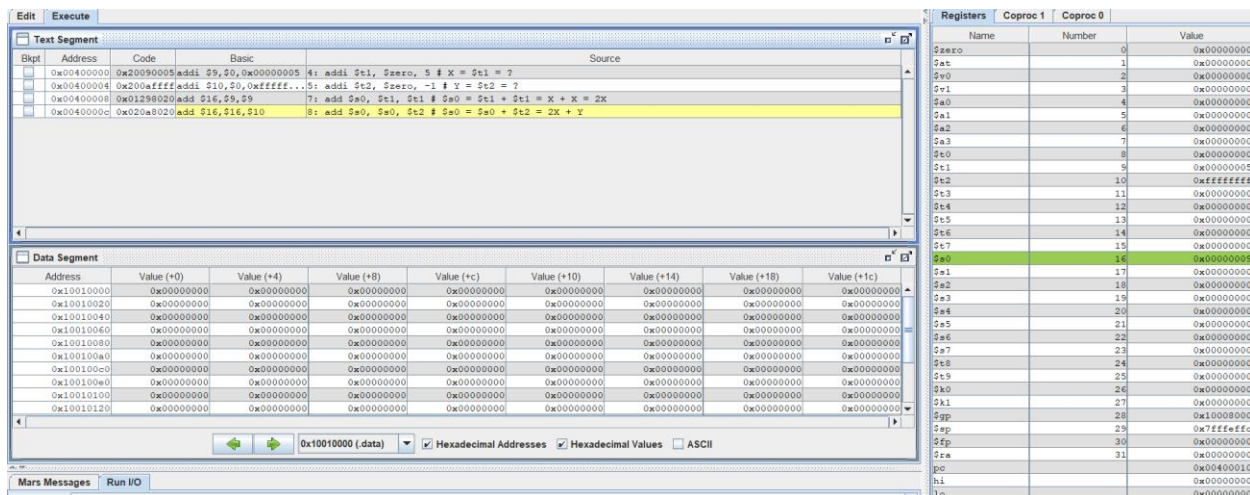
- + Giá trị của thanh ghi \$t1 thay đổi thành 0x00000005. Do câu lệnh này sẽ lưu giá trị $X = 5$ vào thanh ghi \$t1.
- Sau khi thực hiện dòng lệnh thứ 2:

Registers	Coproc 1	Coproc 0	Name	Number	Value
\$zero				0	0x00000000
\$at				1	0x00000000
\$v0				2	0x00000000
\$v1				3	0x00000000
\$a0				4	0x00000000
\$a1				5	0x00000000
\$a2				6	0x00000000
\$a3				7	0x00000000
\$t0				8	0x00000000
\$t1				9	0x00000005
\$t2				10	0xffffffff
\$t3				11	0x00000000
\$t4				12	0x00000000
\$t5				13	0x00000000
\$t6				14	0x00000000
\$t7				15	0x00000000
\$s0				16	0x00000000
\$s1				17	0x00000000
\$s2				18	0x00000000
\$s3				19	0x00000000
\$s4				20	0x00000000
\$s5				21	0x00000000
\$s6				22	0x00000000
\$s7				23	0x00000000
\$s8				24	0x00000000
\$s9				25	0x00000000
\$k0				26	0x00000000
\$k1				27	0x00000000
\$gp				28	0x10008000
\$sp				29	0x7ffffefc
\$fp				30	0x00000000
\$ra				31	0x00400000
\$lo					0x00000000

- + Giá trị của thanh ghi \$t2 thay đổi thành 0xffffffff. Vì câu lệnh này sẽ lưu $Y = -1$ vào thanh ghi \$t2, tuy nhiên do không thể biểu diễn số âm nên khi lưu trữ vào thanh ghi \$t2 sẽ xảy ra hiện tượng tràn số khiến cho thanh ghi \$t2 có giá trị là 0xffffffff, tuy nhiên việc tràn số này không ảnh hưởng đến phép cộng.
- Sau khi thực hiện câu lệnh thứ 3:

Registers	Coproc 1	Coproc 0	Name	Number	Value
\$zero				0	0x00000000
\$at				1	0x00000000
\$v0				2	0x00000000
\$v1				3	0x00000000
\$a0				4	0x00000000
\$a1				5	0x00000000
\$a2				6	0x00000000
\$a3				7	0x00000000
\$t0				8	0x00000000
\$t1				9	0x00000005
\$t2				10	0xffffffff
\$t3				11	0x00000000
\$t4				12	0x00000000
\$t5				13	0x00000000
\$t6				14	0x00000000
\$t7				15	0x00000000
\$s0				16	0x1000800a
\$s1				17	0x00000000
\$s2				18	0x00000000
\$s3				19	0x00000000
\$s4				20	0x00000000
\$s5				21	0x00000000
\$s6				22	0x00000000
\$s7				23	0x00000000
\$s8				24	0x00000000
\$s9				25	0x00000000
\$k0				26	0x00000000
\$k1				27	0x00000000
\$gp				28	0x10008000
\$sp				29	0x7ffffefc
\$fp				30	0x00000000
\$ra				31	0x00400000
\$lo					0x00000000

- + Giá trị của thanh ghi \$s0 thay đổi thành 0x0000000a. DO câu lệnh này sẽ thực hiện cộng \$t1 với \$t1 và lưu vào \$s0 tương đương với phép tính $2X = X + X$.
- Sau khi thực hiện câu lệnh thứ 4:



- + Giá trị của thanh ghi \$s0 thay đổi thành 0x00000009. Vì câu lệnh này sẽ thực hiện cộng \$s0 với \$t2 và lưu vào \$s0 tương đương với phép tính $2X + Y$.
- Sau khi kết thúc chương trình giá trị thanh ghi \$s0 là 9 đúng với kết quả của phép tính $2*5 - 1 = 9$.

- Quan sát câu lệnh addi:
 - lệnh addi \$t1, \$zero, 5
 - + opcode: 8 -> 001000
 - + rt: \$t1 -> \$9 -> 01001
 - + rs: \$zero -> \$0 -> 00000
 - + imm: 5 -> 0x00000005 -> 00000000000000101

-> Mã máy là: 0010 0000 0000 1001 0000 0000 0000 0101 -> 0x20090005.

-> Vậy mã máy này đúng so với khuôn dạng lệnh.

- lệnh addi \$t2, \$zero, -1
 - + opcode: 8 -> 001000
 - + rt: \$t2 -> \$10 -> 01010
 - + rs: \$zero -> \$0 -> 00000
 - + imm: -1 -> 0xffffffff -> 1111 1111 1111 1111

=> Mã máy là: 0010 0000 0000 1010 1111 1111 1111 1111 -> 0x200affff. Vậy mã máy này đúng so với khuôn dạng lệnh.

- Vậy ta thấy điểm tương đồng giữa câu lệnh addi và hợp ngữ máy đều có cùng cấu trúc: op (addi) + rs (\$t1) + rt (\$zero) + Operand/Offset
- Xét lệnh add \$s0, \$t1, \$t1, ta có
 - + Op: 0 -> 000000
 - + rs: \$t1 -> 01001
 - + rt: \$t1 -> 01001

- + rd: \$s0 -> 10000
- + sh: 00000
- + fn: 100000
- ở của số text segment mã code là 0x01298020 khi chuyển sang hệ 2 là 000000 01001 01001 10000 00000 100000 khớp với mã máy.
- Xét lệnh add \$s0, \$s0, \$t2, ta có
- + Op: 0 -> 000000
- + rs: \$s0 -> 10000
- + rt: \$t2 -> 01010
- + rd: \$s0 -> 10000
- + sh: 00000
- + fn: 100000
- ở của số text segment mã code là 0x020a8020 khi chuyển sang hệ 2 là 000000 10000 01010 10000 00000 100000 khớp với mã máy.
- Vậy câu lệnh add khớp với khuôn mẫu của kiểu lệnh R.

Assignment 5: Phép nhân

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface. The 'Text Segment' window displays the following assembly code:

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
0x00400000	0x20050004	addi \$9,\$0,4	4: addi \$t1, \$zero, 4 # X = \$t1 = 4	
0x00400004	0x200a0005	addi \$t2,\$0,5	5: addi \$t2, \$zero, 5 # Y = \$t2 = 5	
0x00400008	0x712a8002	mul \$9,\$9,\$t0	7: mul \$s0, \$t1, \$t2 # HI-LO = \$t1 * \$t2 = X * Y ; \$s0 = 10	
0x0040000c	0x20110003	addi \$t1,\$0,3	8: mul \$s0, \$s0, 3 # \$s0 = \$s0 * 3 = 3 * X * Y	
0x00400010	0x72018002	mul \$t6,\$t6,\$t1	8: mul \$s0, \$s0, 3 # \$s0 = \$s0 * 3 = 3 * X * Y	
0x00400014	0x00008012	mflo \$t7	10: mflo \$s1	

The 'Registers' window shows the following values:

Name	Number	Value
\$zero	0	0
\$at	1	3
\$v0	2	0
\$v1	3	0
\$a0	4	0
\$a1	5	0
\$a2	6	0
\$a3	7	0
\$t0	8	0
\$t1	9	4
\$t2	10	5
\$t3	11	0
\$t4	12	0
\$t5	13	0
\$t6	14	0
\$t7	15	0
\$s0	16	60
\$s1	17	60
\$s2	18	0
\$s3	19	0
\$s4	20	0
\$s5	21	0
\$s6	22	0
\$s7	23	0
\$t8	24	0
\$t9	25	0
\$k0	26	0
\$k1	27	0
\$gp	28	268469224
\$fp	29	2147479540
\$rp	30	0
\$ra	31	0
\$pc		4194320
\$lo		0
\$hi		0
\$lo		60

- Ta thấy điều bất thường là ở câu lệnh mul \$s0, \$s0, 3, khi nó được chuyển thành:
- + addi \$1, \$0, 0x00000003
- + mul \$16, \$16, \$1
- Ta thấy rằng lệnh mul chỉ có thể thực hiện được với giá trị thanh ghi nên khi truyền tham số trực tiếp nó sẽ lưu tham số đó vào thanh ghi \$1, sử dụng lệnh add sau đó mới thực hiện lệnh mul với thanh ghi \$1.
- Kết quả sẽ được lưu lại vào thanh ghi \$lo, câu lệnh cuối mflo \$s1 giúp ta có thể lấy giá trị từ thanh ghi \$lo và gán vào thanh ghi \$1. Điều này giải thích tại sao cả thanh ghi \$s0 và thanh ghi \$s1 đều có giá trị là 60.

Assignment 6: tạo biến và truy cập biến

The screenshot shows the Mars MIPS simulator interface. The main window displays assembly code with columns for Address, Code, Basic, and Source. The Data Segment window shows memory addresses and their values. The Registers window shows the state of MIPS registers.

Text Segment:

Bkpt	Address	Code	Basic	Source
	0x00400000	0x3c011001	lui \$1,4097	0: la \$t0, X # Get the address of X in Data Segment
	0x00400004	0x34380000	ori \$24,\$1,0	
	0x00400008	0x3c011001	lui \$1,4097	0: la \$t0, Y # Get the address of Y in Data Segment
	0x0040000c	0x34390004	ori \$25,\$1,4	
	0x00400010	0x8f090000	lw \$9,0(\$24)	10: lw \$t1, 0(\$t0) # \$t1 = X
	0x00400014	0x8f2a0000	lw \$10,0(\$25)	11: lw \$t2, 0(\$t0) # \$t2 = Y
	0x00400018	0x01298020	add \$9,\$9,\$9	13: add \$a0, \$t1, \$t1 # \$a0 = \$t1 + \$t1 = X + X = 2X
	0x0040001c	0x020a8020	add \$16,\$16,\$10	14: add \$a0, \$a0, \$t2 # \$a0 = \$a0 + \$t2 = 2X + Y
	0x00400020	0x3c011001	lui \$1,4097	16: la \$t7, Z # Get the address of Z in Data Segment
	0x00400024	0x342f0008	ori \$15,\$1,8	
	0x00400028	0xadf00000	sw \$16,0(\$15)	17: sw \$a0, 0(\$t7) # Z = \$a0 = 2X + Y

Data Segment:

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)	Value (+1c)
0x10010000	5	-1	0	0	0	0	0	0
0x10010008	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010040	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010060	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010080	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100a0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100c0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x100100e0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010100	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10010120	0	0	0	0	0	0	0	0

Registers:

Name	Number	Value
\$zero	0	0
\$at	1	0
\$v0	2	0
\$v1	3	0
\$a0	4	0
\$a1	5	0
\$a2	6	0
\$a3	7	0
\$t0	8	0
\$t1	9	0
\$t2	10	0
\$t3	11	0
\$t4	12	0
\$t5	13	0
\$t6	14	0
\$t7	15	0
\$s0	16	0
\$s1	17	0
\$s2	18	0
\$s3	19	0
\$s4	20	0
\$s5	21	0
\$s6	22	0
\$s7	23	0
\$s8	24	0
\$s9	25	0
\$k0	26	0
\$k1	27	0
\$gp	28	268460254
\$fp	29	2147475548
\$ra	30	0
\$pc	31	4194304
\$hi		0
\$lo		0

- Lệnh la được biên dịch thành lệnh lui và ori để có thể gán 1 số 32 bit vào thanh ghi.
- Địa chỉ của các biến:
 - + X: 0x10010000
 - + Y: 0x10010004
 - + Z: 0x10010008
- Chương trình trên dùng để giải phương trình $Z = 2X + Y$.
- Lệnh lw có vai trò lưu địa chỉ của biến vào thanh ghi.
- Lệnh sw có vai trò gán giá trị của một thanh ghi vào một địa chỉ.