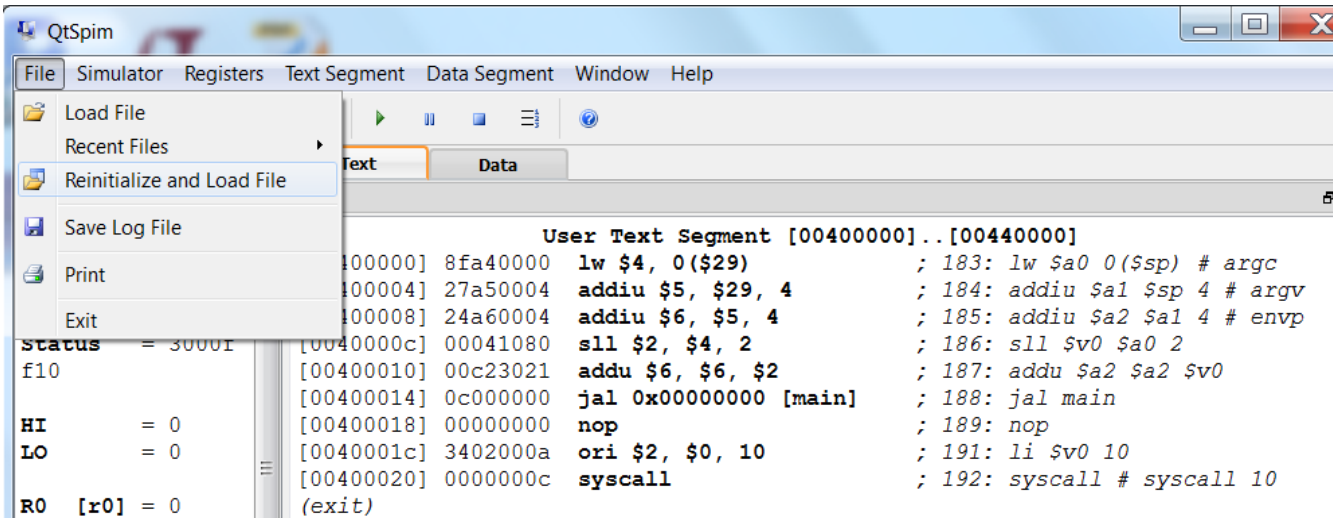
วิธีใช้ QtSpim

1. เปิดโปรแกรม QtSpim

2. เลือก Reinitialize and Load File (ตามรูปที่ 1) และเลือกไฟล์ .asm (หรือ .s) ที่ต้องการจะรัน

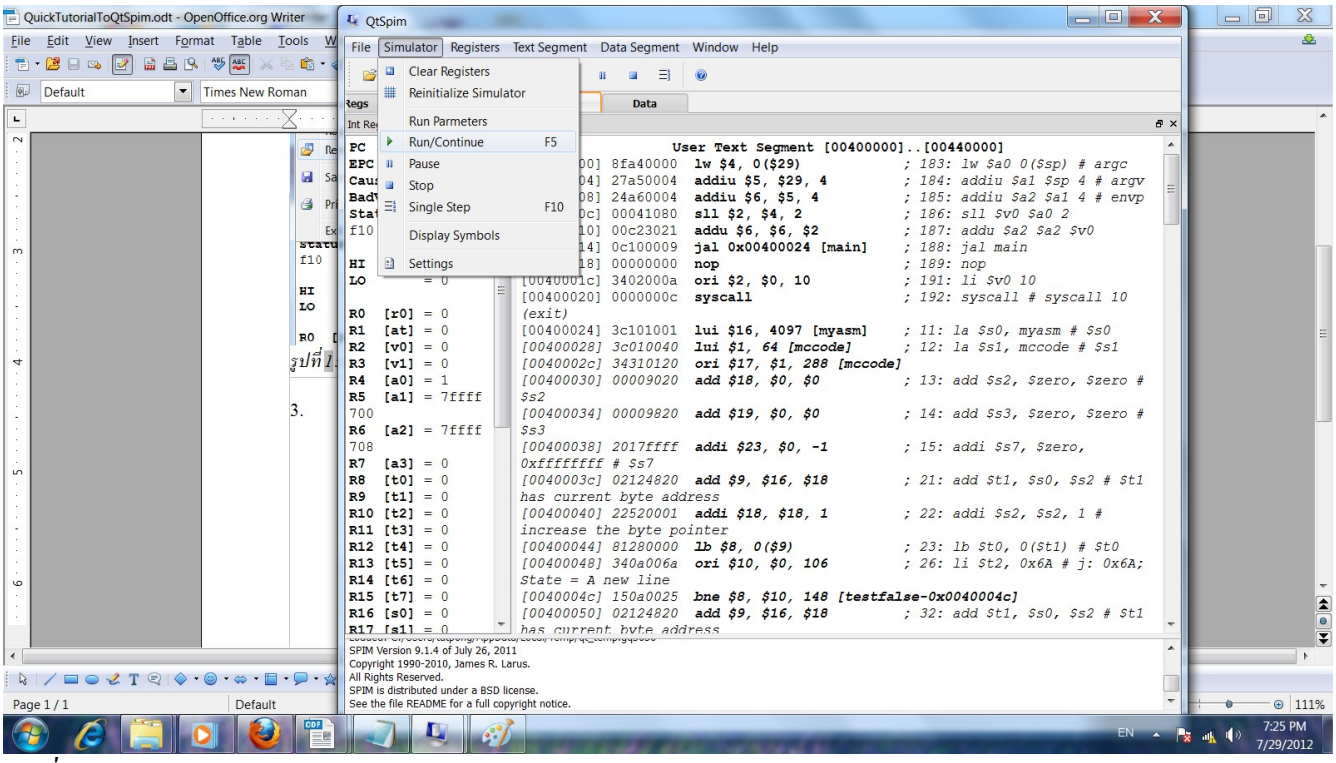


รูปที่ 1: เปิดแอสเซมบลีไฟล์: เลือก Reinitialize and Load File

3. ตอนนี้เราสามารถรันโปรแกรมได้แล้ว เราสามารถรันโปรแกรมแบบรวดเดียวจบ (Run) หรือ จะรันทีละบรรทัด (Single Step) ก็ได้

3a. ถ้าต้องการรันรวดเดียวจบ ให้เลือก Run/Continue (ตามรูปที่ 2)

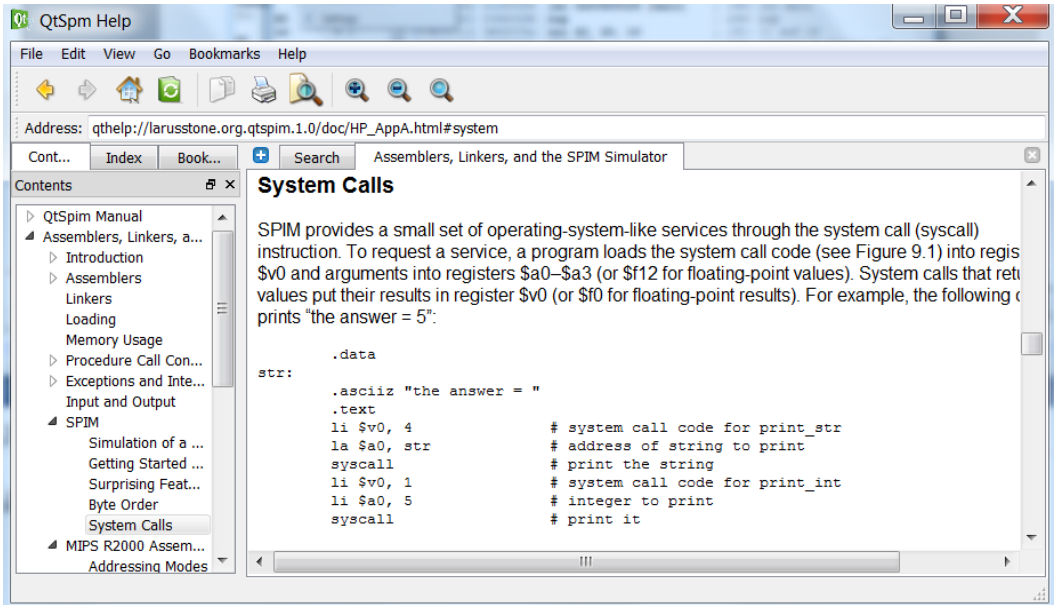
ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)



รูปที่ 2: รันโปรแกรมแอสเซมบลีแบบรวดเดียวจบ: เลือก Run/Continue

3b. ถ้าต้องการรันทีละบรรทัด ให้เลือก single step แทน

ต้องการข้อมูลเพิ่มเติม: เปิดดู Help ดังรูปข้างล่าง

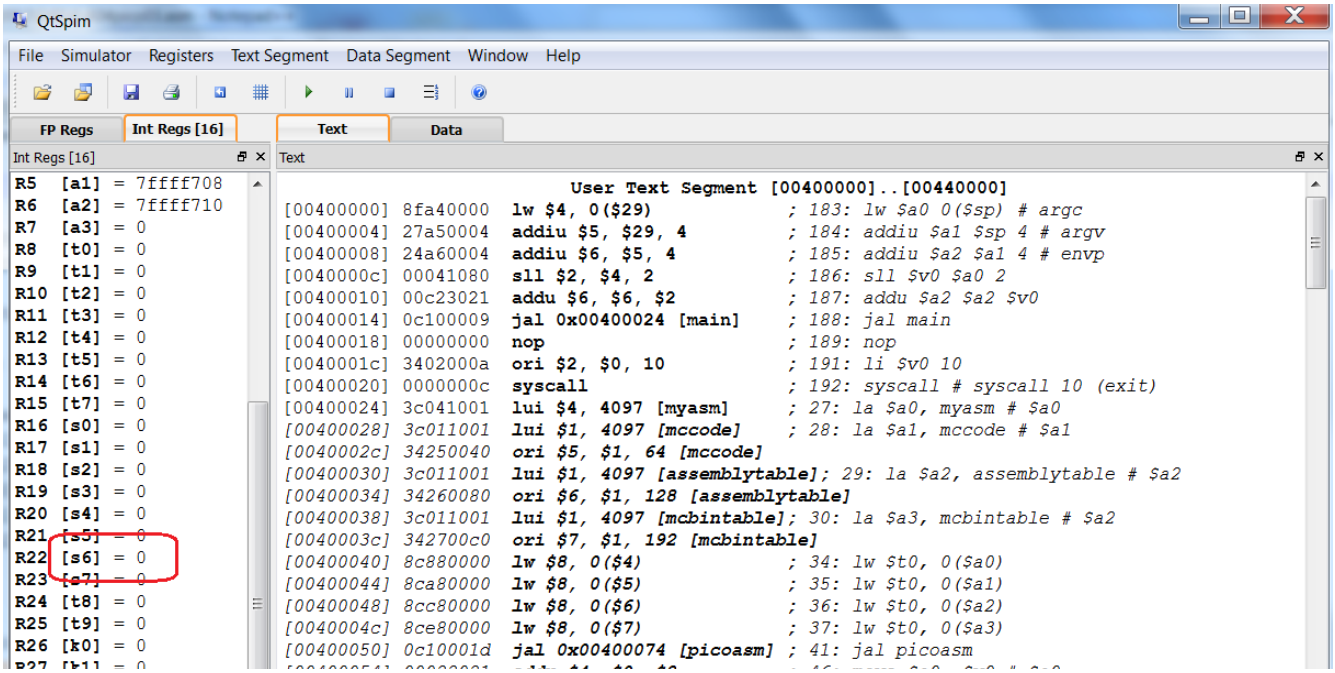


การรัน QtSpim โดยใช้โปรแกรม picoasm.asm เป็นตัวอย่าง พร้อมอธิบายโปรแกรม A04pico03.asm คร่าวๆ

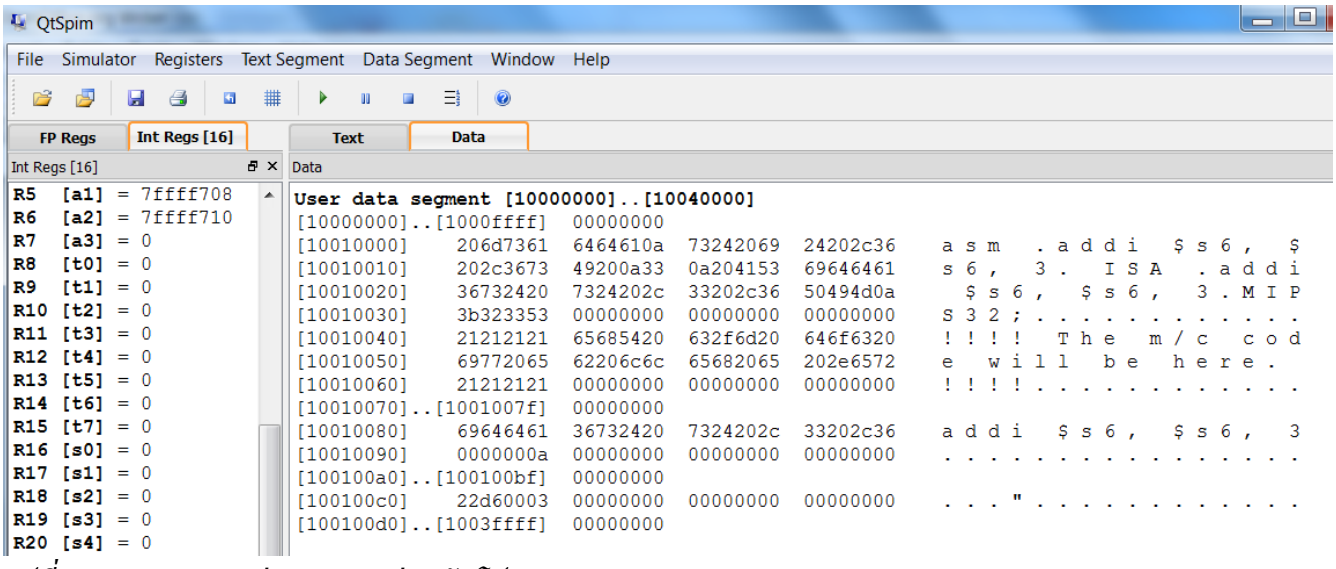
ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

โปรแกรม A04pico.asm เป็น โปรแกรมแอสเซมเบลอร์อย่างง่ายทำหน้าที่แปลงคำสั่งแค่คำสั่งเดียว คือ `addi $s6, $s6, 3` ไปเป็นคำสั่งภาษาเครื่องที่ถูกต้อง (ซึ่งคือ `0x22d60003`) และแปลงอย่างอื่นเป็น `0x00000000`.

1. เลือก Reinitialize and Load File และเปิดไฟล์ `A04pico03.asm` ขึ้นมา
2. สำรวจสถานะของ SPIM ก่อนรันโปรแกรม สังเกตุว่า ค่ารีจิสเตอร์ `$s6` เป็น 0 (รูปที่ 3) และ ค่าในหน่วยความจำช่วงแอดเดรส `0x10010040` ถึง `0x10010063` เป็นไบนารีที่มีค่าเท่ากับ “!!!! The m/c code will be here. !!!!” (รูปที่ 4)



รูปที่ 3: สถานะของรีจีสเตอร์ s6 ก่อนรันโปรแกรม



รูปที่ 4: สถานะของหน่วยความจำก่อนรันโปรแกรม

3. รันโปรแกรม และ ตรวจดูสถานะของ SPIM หลังรันโปรแกรม

   รูปที่ 5 และ 6 แสดงสถานะของ SPIM หลังรันโปรแกรม ซึ่งรูปที่ 5

   โปรแกรม

   `asm \naddi $s6, $s6, 3\n ISA \naddi $s6, $s6, 3\nMIPS32;`

   ที่เริ่มต้นที่แอสเดรส `0x1001000` ได้ถูกแปลงเป็นไบนารีภาษาเครื่องโดย

   `asm \n` ถูกแปลงเป็น `0x00000000` มีค่าเทียบเท่าคำสั่ง `nop`.

   `addi $s6, $s6, 3\n` ถูกแปลงเป็น `0x22d60003` มีค่าเทียบเท่าคำสั่ง `addi $s6, $s6, 3`.

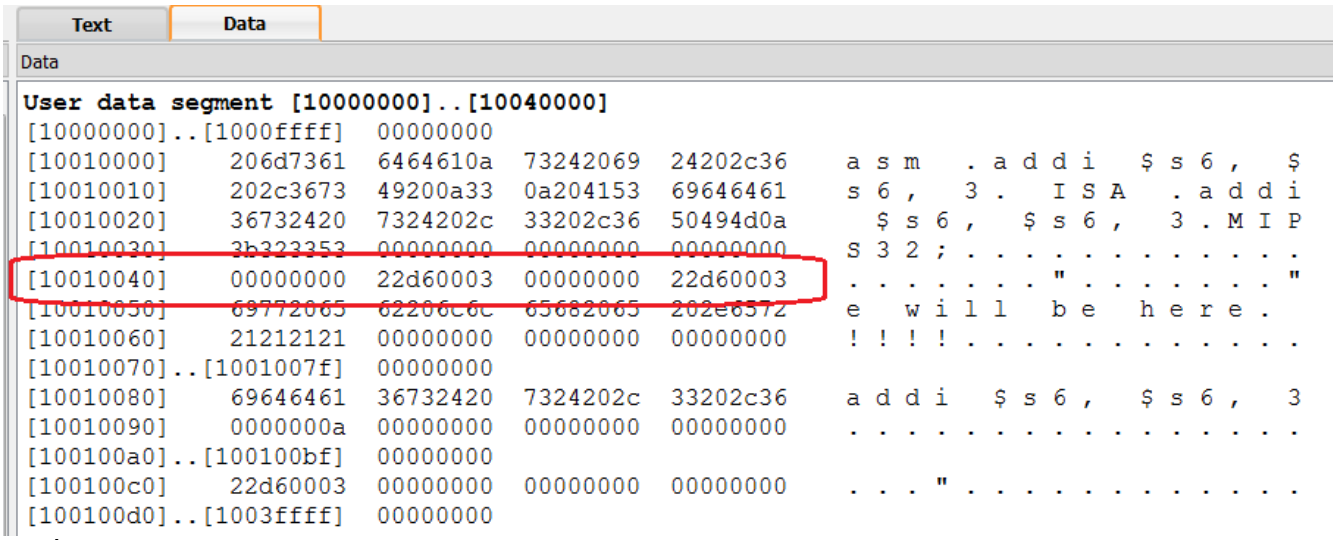
   `ISA \n` ถูกแปลงเป็น `0x00000000` มีค่าเทียบเท่าคำสั่ง `nop`.

   `addi $s6, $s6, 3\n` ถูกแปลงเป็น `0x22d60003` มีค่าเทียบเท่าคำสั่ง `addi $s6, $s6, 3`.

   และ `MIPS32;` จะจบท้ายด้วย `;` ซึ่งเป็นรหัสจบโปรแกรมที่กำหนดไว้ บรรทัดนี้จึงไม่ถูกแปลง

   หมายเหตุ “`\n`” จะแทนรหัสขึ้นบรรทัดใหม่

   การแปลงตัวหนังสือ (เช่น `asm \naddi $s6, $s6, 3\n ISA \naddi $s6, $s6, 3\nMIPS32;`) ไปเป็นไบนารี นี้จะทำโดย ฟังชั่น `picoasm`. โดยเริ่มที่แอดเดรส `0x10010040` เป็นต้นไป และ จะให้ค่าจำนวนคำสั่ง (บรรทัดที่แปลง) ออกมาผ่านรีจิสเตอร์ `$v0`.



รูปที่ 5: สถานะของหน่วยความจำหลังรันโปรแกรม

หลังจากที่ข้อความภาษาแอสเซมบลีถูกแปลงแล้ว โปรแกรม `A04pico03.asm` จะเรียก ฟังชั่น `picoloader` ขึ้นมาเพื่อโหลดโปรแกรมจากพื้นที่ใน data segment ไปใส่ใน program segment (MIPS32 เรียก text) และ เปลี่ยน Program Counter (PC) ไปรันโค้ดที่แปลงมา

ตัวอย่างข้างล่าง แสดงแนวคิดของ `picoloader`:

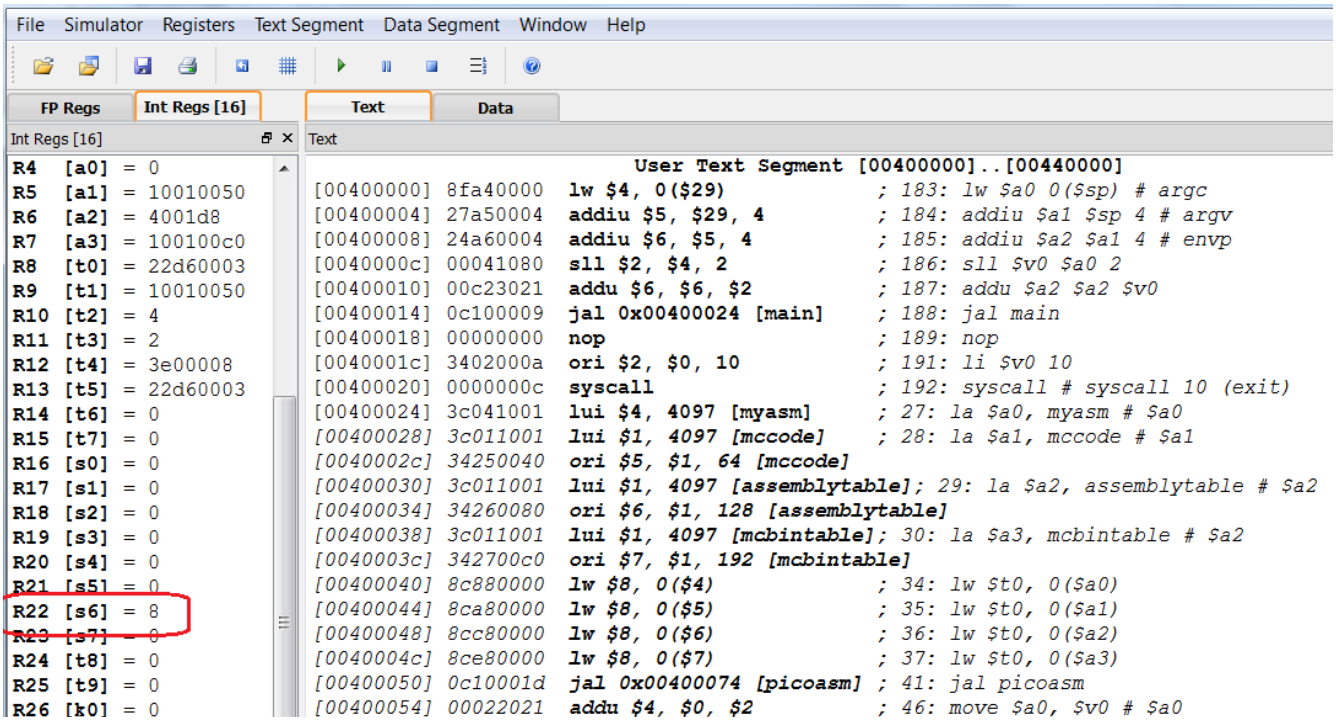
```
# a0 : number of instructions          ## a0 เก็บจำนวนคำสั่ง
# a1 : base address of mccode          ## a1 เก็บค่าแอสเดรสเริ่มต้นของไบนารีภาษาเครื่อง
# a2 : base address of loading area    ## a2 เก็บค่าแอสเดรสเริ่มต้นของตำแหน่งที่จะโหลดไป

# Check if there is sth to load
loading:
      beqz $a0, loadingdone            ## ถ้า a0 เป็น 0 แปลว่าไม่มีอะไรให้โหลดแล้ว
      lw $t0, 0($a1)                   ## a0 > 0 โหลด
      sw $t0, 0($a2)
      addi $a0, $a0, -1                ## ลดค่าจำนวนคำสั่งที่จะโหลดลงหนึ่ง
      addi $a1, $a1, 4                 ## ขยับแอดเดรสของคำสั่งที่จะโหลดไปคำสั่งต่อไป
      addi $a2, $a2, 4                 ## ขยับแอดเดรสของตำแหน่งที่จะโหลดไปตำแหน่งต่อไป
      j loading                        ## โหลดคำสั่งต่อไป

loadingdone:                           ## เมื่อโหลดเสร็จแล้ว
```

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

```
        li $t4, 0x03E00008              ## ใส่คำสั่ง "jr $ra" ไว้ท้ายคำสั่งด้วย
        sw $t4, 0($a2)

# run loaded program
        jal loadingarea                 ## เรียกรันโปรแกรมที่เพิ่งโหลดไป
```

และสุดท้ายก็กำหนดตำแหน่งที่จะโหลดเอาไว้

สังเกตุว่า picoloader เรียกรันโปรแกรมที่โหลด เหมือนกับเป็น ฟังชั่น และ ใส่คำสั่ง "`jr $ra`" (ซึ่งมีไบนารีภาษาเครื่องคือ `0x03E00008`) เพื่อที่เมื่อหลังจาก CPU ทำคำสั่งที่โหลดเสร็จแล้วจะกลับไปที่ picoloader อีกครั้ง

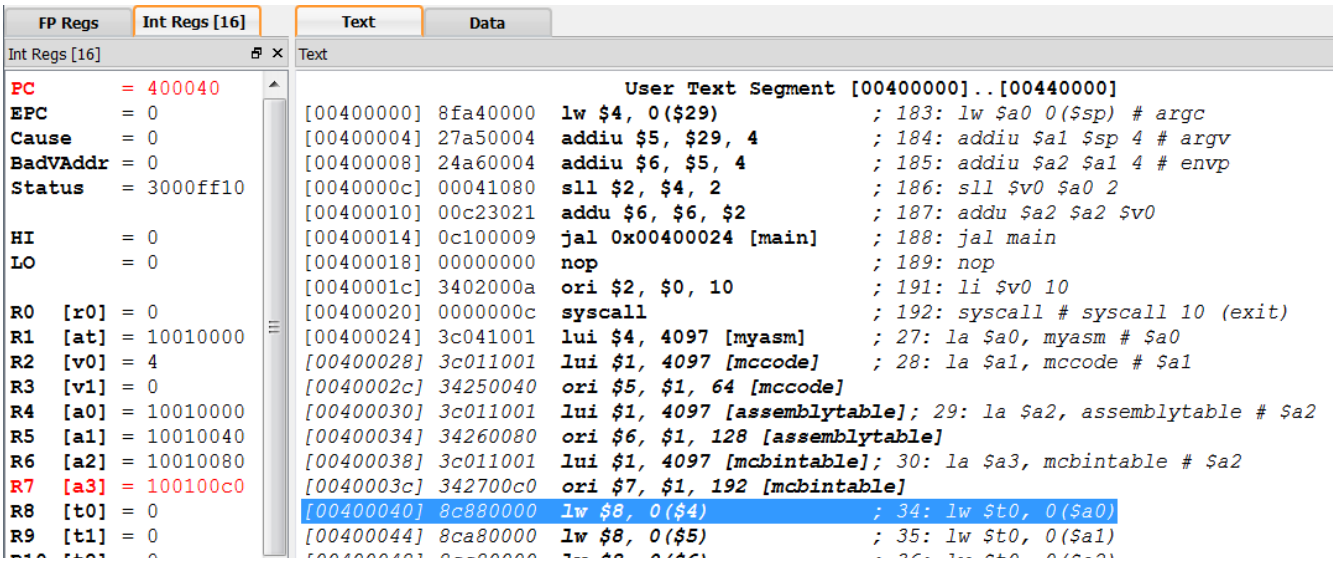


รูปที่ 6: สถานะของรีจิสเตอร์ s6 หลังรันโปรแกรม

เนื่องจาก picoloader นี้ ผมใส่ค่าเริ่มต้นให้ s6 เป็น 2 (เพื่อ debug โปรแกรม) และหลังจากที่ CPU ทำคำสั่งที่โหลด (ซึ่งคือ `nop; addi $s6, $s6, 3; nop; addi $s6, $s6, 3` ที่ได้จาก picoasm) แล้ว จึงได้ค่า s6 = 8 เป็นสถานะสุดท้าย

เพื่อทำความเข้าใจโปรแกรม อาจจะลองรันทีละคำสั่งดูได้ (รูปที่ 7) การรันทีละคำสั่งจะช่วยให้เราสามารถตรวจดูการทำงานของ CPU ในแต่ละคำสั่งว่าเป็นไปตามที่เรากำหนด หรือ คาดหมายไว้หรือไม่

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)



รูปที่ 7: การรันทีละคำสั่ง

โปรแกรม A04Pico03.asm จะเริ่มด้วย การกำหนดตำแหน่งต่างๆในหน่วยความจำ:

```
.data 0x10010000
myasm: .asciiz      "asm \naddi $s6, $s6, 3\n ISA \naddi $s6, $s6, 3\nMIPS32;"

.data 0x10010040
mccode: .asciiz     "!!!! The m/c code will be here. !!!!"

.data 0x10010080
assemblytable:      .asciiz      "addi $s6, $s6, 3\n"

.data 0x100100C0
mcbintable:         .word  0x22d60003
```

ซึ่ง `.data 0x10010000` จะบอก SPIM ว่า กำหนดค่าในหน่วยความจำตั้งแต่แอดเดรส `0x10010000` ด้วยค่า ascii `"asm \naddi $s6, $s6, 3\n ISA \naddi $s6, $s6, 3\nMIPS32;"`.

ฉลาก `myasm` ระบุตำแหน่งของข้อความภาษาแอสเบมบลีที่ต้องการจะแปลง

ฉลาก `mccode` ระบุตำแหน่งของไบนารีภาษาเครื่องเมื่อแปลงเสร็จ (ตอนเริ่มต้นเราใส่ค่า `"!!!! The m/c code will be here. !!!!"` ไปก่อนเพื่อง่ายก็การ debug)

ฉลาก `assemblytable` และ `mcbintable` ใช้ระบุตำแหน่งของพจนานุกรมภาษาแอสเซมบลี และคำแปล (ไบนารีภาษาเครื่อง) ตามลำดับ: เราต้องการแปล `addi $s6, $s6, 3\n` เป็น `0x22d60003`.

การกำหนดค่าในหน่วยความจำนี้จะทำทันทีที่โหลดไฟล์ A04pico03.asm เข้า SPIM

การทำงานหลักๆของ A04pico03.asm จะมีแค่ การเรียก compiler (ฟังชั่น `picoasm`) และ ตามด้วย loader

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

(ฟังชั่น picoloader) ดังนี้:

```
.globl main
.text
main:

# call procedure picoassembler

      # passing parameter values
      la $a0, myasm          # $a0 <- base address of source assembly
      la $a1, mccode         # $a1 <- base address of target m/c code
      la $a2, assemblytable  # $a2 <- base address of mapping assembly table
      la $a3, mcbintable     # $a2 <- base address of mapping m/c binary table


      # call procedure
      jal picoasm

# call procedure picoloader

      # passing parameter values
      move $a0, $v0          # $a0 <- $v0 returned number of lines translated
      la $a1, mccode         # $a1 <- base address of target m/c code
      la $a2, loadingarea    # $a2 <- base address of loading area

      # call procedure
      jal picoloader

end:
      li    $v0,10           # System call code to Exit
      syscall          # Call SPIM-OS to Exit the program
```

ซึ่ง 3 บรรทัดแรกเป็นการประกาศพื้นที่สำหรับโปรแกรม และตั้งชื่อ ฟังชั่น หลัก ซึ่งก็คือ main แล้วตามด้วยการกำหนด ตัวแปรที่จะผ่านให้ ฟังชั่น picoasm (โดยใช้ รีจิสเตอร์ $a0, $a1, $a2, และ $a3)
และ เรียก jal picoasm และทำเช่นเดียวกันก่อนเรียก jal picoloader ก่อนจะจบโปรแกรม.

ฟังชั่น picoasm เป็นฟังชั่นหลักของงานนี้ การทำงานของมัน มีหลักการตามโค้ดคร่าวๆดังนี้ (ดูรายเอียดได้จากไฟล์ A04Pico03.asm)

```
picoasm:
      # $a0 : base address of source assembly
      # $a1 : base address of target m/c code
      # $a2 : base address of mapping assembly table
      # $a3 : base address of mapping m/c binary table

      # return $v0 : a number of lines translated
```

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

```
# initialization

      add $t0, $a0, $zero     # $t0 <- source pointer
      add $t1, $a1, $zero     # $t1 <- target pointer
      add $t2, $zero, $zero   # $t2 counts the number of lines translated.

readeachline:
# call procedure readline

      # arguments
      move $a0, $t0                # source pointer
      #$a2                         # base address of mapping assembly table

      jal readline

      move $t3, $v0     # readline.$v0 : 0 = no match, 1 = match, 2 = terminate
      move $t0, $v1     # readline.$v1 : source pointer after the line
```

picoasm จะเรียกฟังชั่น readline มาเพื่ออ่านภาษาแอสเซมบลีต้นฉบับทีละประโยค และเปรียบเทียบกับคำสั่งในพจนานุกรมที่เราระบุไว้ (ตำแหน่ง assemblytable) เมื่อทำงานเสร็จฟังชั่น readline จะ ผ่านค่า $v0 เพื่อบอกผลว่า ประโยคที่อ่าน ตรงกับ คำสั่งแอสเซมบลีในพจนานุกรมหรือไม่
picoasm จึงนำผลจาก มาตรวจสอบดูว่า ประโยคตรงกับคำสั่งที่ระบุหรือไม่ ถ้าไม่ตรง ก็ใส่ 0x00000000 ในส่วนไบนารีที่แปล แต่ ถ้าตรงก็ใส่ค่าที่ระบุในพจนานุกรม (4 บรรทัดสุดท้ายข้างล่างนี้).

```
# check if it is terminated
      li $t4, 2
      beq $t3, $t4, endpicoasm

# No, not terminated. Keep going
# increment line counter

      addi $t2, $t2, 1

# check if it is matched
      li $t4, 1
      beq $t3, $t4, itsmatched

# No, not matched. Put 0x00000000 into the target
      li $t5, 0x00000000
      sw $t5, 0($t1)
      addi $t1, $t1, 4

      j readeachline
```

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

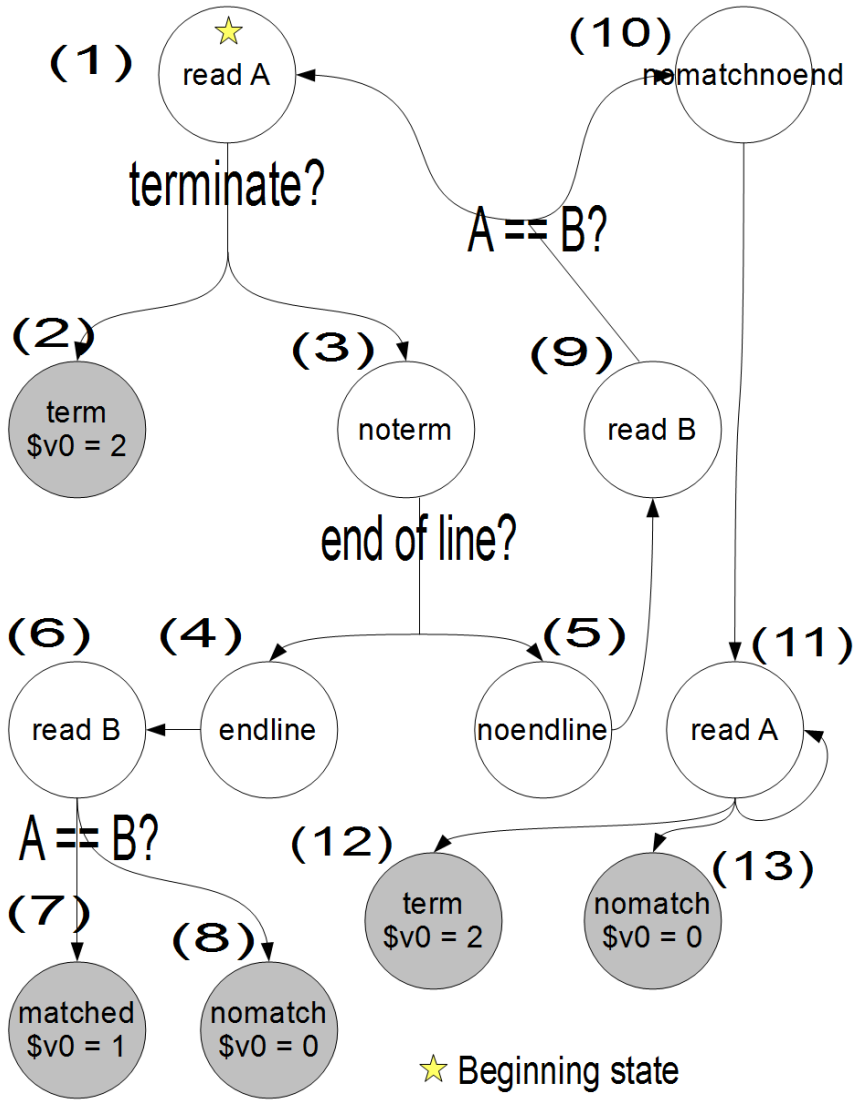
```
endpicoasm:
      move $v0, $t2   # $v0 : a number of lines translated
      jr $ra                  # return

# It's matched. Put binary m/c into the target
itsmatched:
      lw $t5, 0($a3)
      sw $t5, 0($t1)
      addi $t1, $t1, 4

      j readeachline
```

ฟังชั่น `readline` ทำหน้าที่อ่านข้อความทีละบรรทัด (โดยใช้ '\n' เป็นตัวระบุ) จากส่วนของข้อความต้นฉบับ และเปรียบเทียบกับ คำสั่งที่อยู่ในพจนานุกรม
การทำงานของ ฟังชั่น `readline` ทำอธิบายคร่าวๆได้โดย state diagram ในรูปที่ 8 โค้ดข้างล่าง มีคอมเมนต์ตัวหนาระบุ State เทียบกับ state diagram ในรูปที่ 8 หลักการน่าจะพอเข้าใจจากการอ่านโค้ดข้างล่างประกอบ state diagram.

```
readline:
#     $a0 : source text pointer
#     $a2   : base address of a word-to-match
#     return $v0              # 0 = no match, 1 = match, 2 = terminate
#     return $v1              # $v2 = source pointer after readline

readSrc:                      # State 1 in Fig. 8
      lb $t0, 0($a0)          # load byte of the source text
      addi $a0, $a0, 1

# check if it is termination code.
      li $t1, 0x3B       # 0x3B represents ';'
      bne $t0, $t1, noterm

# yes, it's terminated.       # State 2 in Fig. 8
terminated:
      li $v0, 2
      move $v1, $a0

      jr $ra                        # return

# no, it's not terminated.    # State 3 in Fig. 8
noterm:

# check if it is an end of line.
      li $t1, 0x0A       # 0x0A represents '\n'
      bne $t0, $t1, noendline

# yes, it's an end of line.   # State 4 in Fig. 8
      # read matching word
```

ธัชพงศ์ กตัญญูกุล (created 7/29, 2012; last modified 7/30, 2012)

```
      lb $t2, 0($a2)           # load byte of the matching table      # State 6 in Fig. 8
      addi $a2, $a2, 1
# check if src == matching.
      bne $t0, $t2, nomatch
# yes, it's matched.           # State 7 in Fig. 8
      li $v0, 1
      move $v1, $a0

      jr $ra                         # return

# no, it's not matched.        # State 8 in Fig. 8
nomatch:
      li $v0, 0
      move $v1, $a0

      jr $ra                         # return

# no, it's not an end of line.  # State 5 in Fig. 8
noendline:
      # read matching word     # State 9 in Fig. 8
      lb $t2, 0($a2)           # load byte of the matching table
      addi $a2, $a2, 1
# check if src == matching.
      bne $t0, $t2, nomatchnoend
# yes, it's matched. But, not finish yet.
      # next round
      j readSrc

# no, it's not matched nor end. # State 10 in Fig. 8
nomatchnoend:                  # State 11 in Fig. 8
      lb $t0, 0($a0)           # load byte of the source text
      addi $a0, $a0, 1

# check if it is termination code.
      li $t1, 0x3B       # 0x3B represents ';'
      bne $t0, $t1, nomatchnoterm
# yes, it's terminated.        # State 12 in Fig. 8
      j terminated
# no, it's not terminated nor matched.
nomatchnoterm:
# check if it is an end of line.
      li $t1, 0x0A       # 0x0A represents '\n'
      bne $t0, $t1, nomatchnoend
# yes, it's the end of line, but no match.   # State 13 in Fig. 8
      li $v0, 0
      move $v1, $a0

      jr $ra                         # return
```



รูปที่ 8: State diagram of function readline.