

Kiến trúc MIPS

Nội dung

- Phần I: Tổng quan dòng vi xử lý MIPS
- Phần II: Mô hình Lập trình

Phần I: Tổng quan dòng vi xử lý MIPS

Lịch sử phát triển:

- MIPS (**Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages**) hình thành trên cơ sở RISC.
- Năm 1981: John L. Hennessy đứng đầu một nhóm bắt đầu một công trình nghiên cứu về *bộ xử lý MIPS* đầu tiên tại **Stanford University**
- Một thiết kế chủ chốt trong MIPS là yêu cầu các câu lệnh phải hoàn thành trong 1 chu kì máy.
- Hãng MIPS Technologies ([MIPS Computer Systems](http://www.mips.com))

<http://www.mips.com>

http://en.wikipedia.org/wiki/MIPS_architecture

Các thế hệ của MIPS

- Ban đầu MIPS là kiến trúc 32 bit, sau này mở rộng ra 64bit.
- MIPS I, MIPS II, MIPS III, MIPS IV, MIPS V, MIPS 32 và MIPS 64. Hiện nay tồn tại MIPS 32 và MIPS 64.
- Các dòng vi xử lý thương mại MIPS đã được sản xuất:
 - R2000 năm 1985
 - R3000 năm 1988
 - R4000 năm 1991, mở rộng tập lệnh đầy đủ cho 64bit, 100MHz, 8kB.
 - R4400 năm 1993, 16kB.
 - R8000 năm 1994: là thiết kế superscalar đầu tiên của MIPS

http://en.wikipedia.org/wiki/MIPS_architecture

- Các ứng dụng :

DVD players

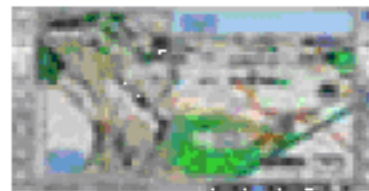
Pioneer

DVR-57-H



Kenwood

HDV-810 Car Navigation System



Networking

3COM

3102 Business IP Phone



3COM

3106 Cordless Phone



Apple

Airport Extreme WLAN Access Points



Portable Devices

Canon

EOS 10D Digital



JVC

GR-HD1



Residential and Small Office

Samsung

Digital Photo Frame



Sony

Media Server Vaio VGX-X90P



Pioneer

Pure Vision^U Plasma Television 43"

Pure Vision^U Plasma Television 50"



Sony

KDP-51WS550 High Definition TV

KDP-57WS550 High Definition TV

KDP-65WS550 High Definition TV



Hewlett Packard

Color Laser Jet 2500 Laser Printer



Sony Playstation PSX



CPU

Type:LSI/MIPS R3000A

Architecture:32 Bit

Clockspped:33,8 MHz

Sony Playstation Portable



CPU

Type:MIPS R4000 32bit Core

Clockspped:333 MHz

Phần II: Mô hình lập trình

- Quản lý bộ nhớ
- Các thanh ghi của MIPS
- Các khuôn dạng lệnh
- Các chế độ địa chỉ
- Một số lệnh cơ bản
- Khung chương trình hợp ngữ
- Sử dụng trình biên dịch và mô phỏng MIPS2000, MIPS

Quản lý bộ nhớ

Bộ nhớ:

32 bit địa chỉ, đánh địa chỉ theo byte

⇒ không gian 2^{32} địa chỉ 0x00000000 đến 0xFFFFFFFF

Chia làm các vùng:

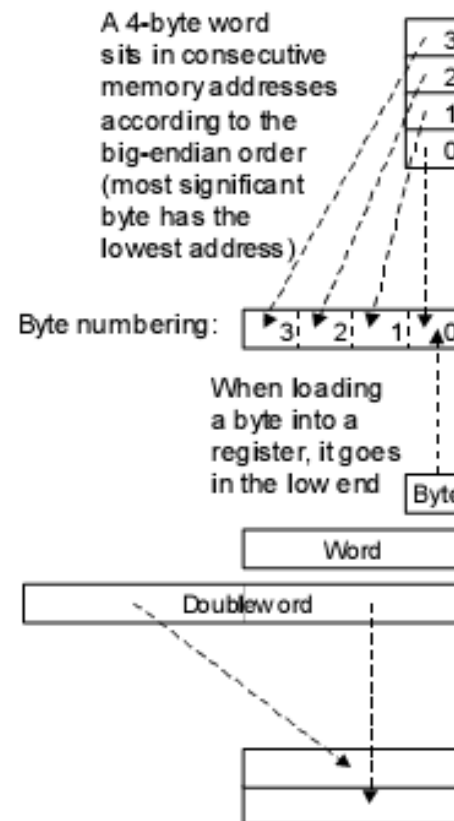
0x00400000	Text segment	program instructions
0x10000000	Data segment	
0x7FFFFFFF	decreasing addresses	Stack segment

Tập thanh ghi

a) Thanh ghi đa năng.

Tên	Số	Ý nghĩa
\$zero	\$0	Hằng số 0
\$at	\$1	Assembler Temporary
\$v0-\$v1	\$2-\$3	Giá trị trả lại của hàm hoặc biểu thức
\$a0-\$a3	\$4-\$7	Các tham số của hàm
\$t0-\$t7	\$8-\$15	Thanh ghi tạm (không giữ giá trị trong quá trình gọi hàm)
\$s0-\$s7	\$16-\$23	Thanh ghi lưu trữ (giữ giá trị trong suốt quá trình gọi hàm)
\$t8-\$t9	\$24-\$25	Thanh ghi tạm
\$k0-\$k1	\$26-\$27	Dự trữ cho nhân OS
\$gp	\$28	Con trỏ toàn cục
\$sp	\$29	Con trỏ stack
\$fp	\$30	Con trỏ frame
\$ra	\$31	Địa chỉ trả về

\$0	0	\$ zero	
\$1		\$ at	Reserved for assembler use
\$2		\$ v0	Procedure results
\$3		\$ v1	
\$4		\$ a0	Procedure arguments
\$5		\$ a1	
\$6		\$ a2	
\$7		\$ a3	
\$8		\$ t0	Temporary values
\$9		\$ t1	
\$10		\$ t2	
\$11		\$ t3	
\$12		\$ t4	
\$13		\$ t5	
\$14		\$ t6	
\$15		\$ t7	
\$16		\$ s0	Operands
\$17		\$ s1	
\$18		\$ s2	
\$19		\$ s3	
\$20		\$ s4	
\$21		\$ s5	
\$22		\$ s6	
\$23		\$ s7	
\$24		\$ t8	More temporaries
\$25		\$ t9	
\$26		\$ k0	Reserved for OS (kernel)
\$27		\$ k1	
\$28		\$ gp	Global pointer Stack pointer Frame pointer Return address
\$29		\$ sp	
\$30		\$ fp	
\$31		\$ ra	



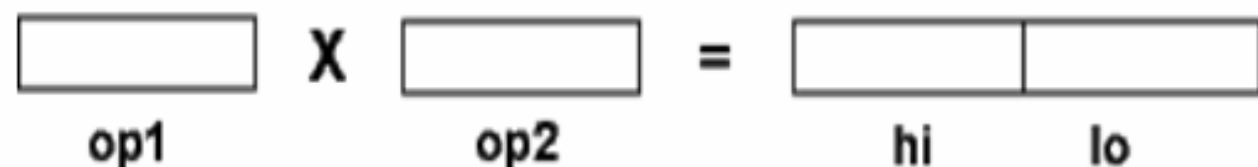
Register Conventions

A doubleword sits in consecutive registers or memory locations according to the big-endian order (most significant word comes first)

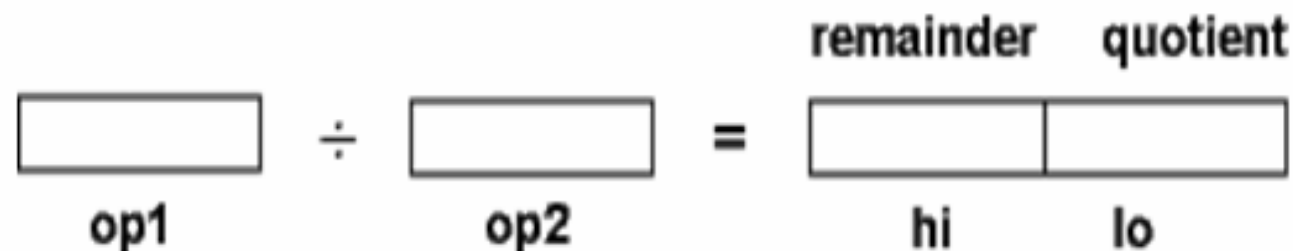
Figure 5.2
Registers and data sizes in MiniMIPS.

b) Thanh ghi HI và LO

Thao tác nhân của MIPS có kết quả chứa 2 thanh ghi HI và LO, đây không phải là thanh ghi đa năng. Bit 32 đến 63 thuộc HI và 0 đến 31 thuộc LO



Tương tự với phép chia :



Sử dụng các thanh ghi trong MARS

- Phải có kí tự \$ ở trước
- Có 2 cách:
 - Địa chỉ thanh ghi. Ví dụ: \$8, \$19...
 - Tên gọi nhớ. Ví dụ \$s0, \$t3...
- Ví dụ:
 - add \$s0, \$6, \$zero

Kiến trúc tập lệnh

3 loại lệnh:

- I-Type (Immediate)
- J-Type (Jump and branch)
- R-Type (Register)

MiniMIPS Instruction Formats

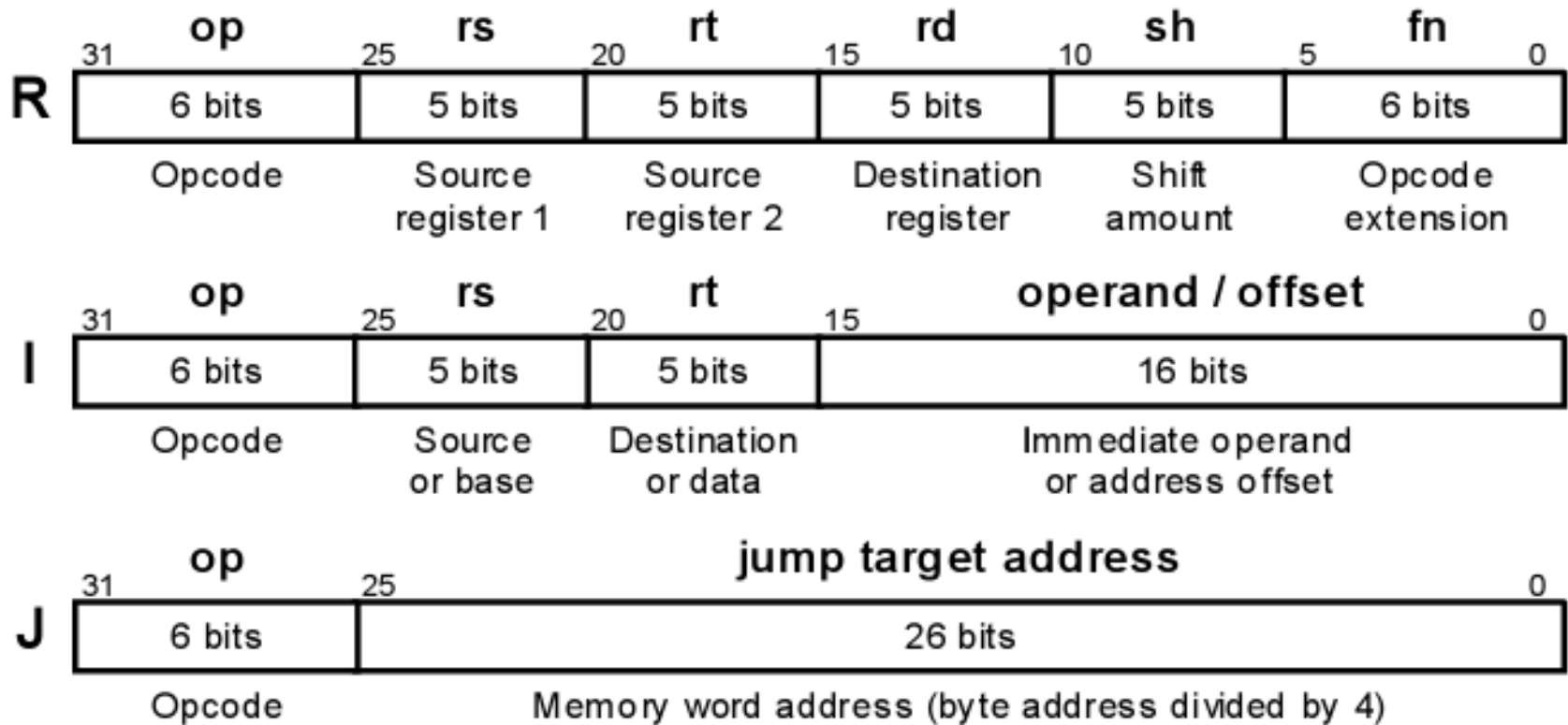


Figure 5.4 MiniMIPS instructions come in only three formats: register (R), immediate (I), and jump (J).

Các khuôn dạng lệnh

Phân tích khuôn dạng lệnh

High-level language statement:

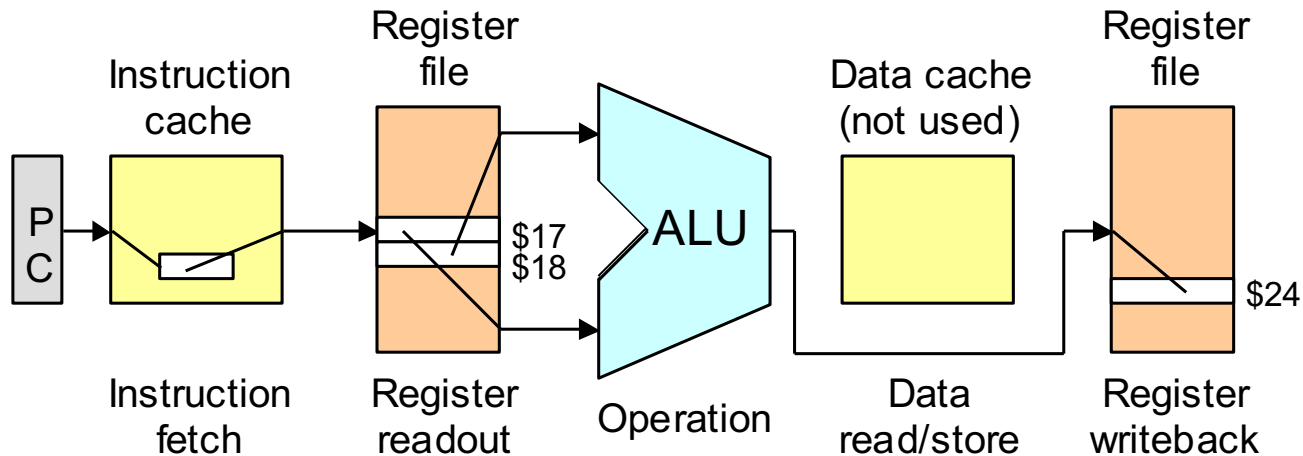
`a = b + c`

Assembly language instruction:

`add $t8, $s2, $s1`

Machine language instruction:

000000 10010 10001 11000 00000 100000
ALU-type instruction Register 18 Register 17 Register 24 Unused Addition opcode

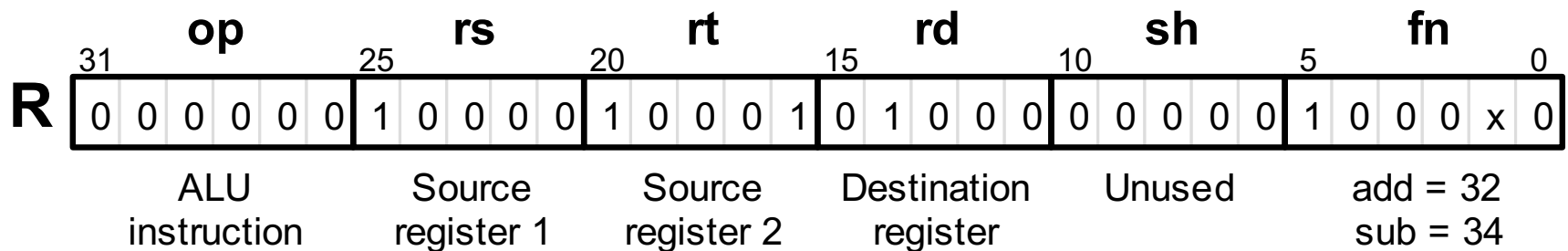


A typical instruction for MiniMIPS and steps in its execution.

Simple Arithmetic/Logic Instructions

Add and subtract already discussed; logical instructions are similar

```
add    $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ($s0)+($s1)
sub    $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ($s0)-($s1)
and    $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ($s0)^(($s1))
or     $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ($s0)v($s1)
xor    $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ($s0)⊕($s1)
nor    $t0,$s0,$s1 # set $t0 to ((($s0)v($s1)))'
```



The arithmetic instructions `add` and `sub` have a format that is common to all two-operand ALU instructions. For these, the `fn` field specifies the arithmetic/logic operation to be performed.

Arithmetic/Logic with One Immediate Operand

An operand in the range $[-32\,768, 32\,767]$, or $[0x0000, 0xffff]$, can be specified in the immediate field.

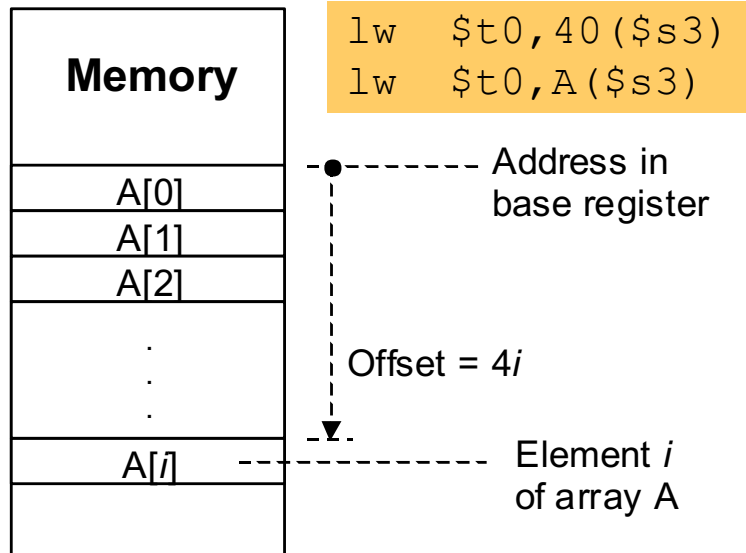
```
addi    $t0,$s0,61      # set $t0 to ($s0)+61
andi    $t0,$s0,61      # set $t0 to ($s0)^61
ori     $t0,$s0,61      # set $t0 to ($s0)|61
xori    $t0,$s0,0x00ff  # set $t0 to ($s0)⊕ 0x00ff
```

For arithmetic instructions, the immediate operand is sign-extended



Figure 5.6 Instructions such as `addi` allow us to perform an arithmetic or logic operation for which one operand is a small constant.

Load and Store Instructions



Note on base and offset:

The memory address is the sum of (rs) and an immediate value. Calling one of these the base and the other the offset is quite arbitrary. It would make perfect sense to interpret the address $A(\$s3)$ as having the base A and the offset ($\$s3$). However, a 16-bit base confines us to a small portion of memory space.

MiniMIPS `lw` and `sw` instructions and their memory addressing convention that allows for simple access to array elements via a base address and an offset (offset = $4i$ leads us to the i th word).

lw, sw, and lui Instructions

```
lw    $t0, 40($s3)    # load mem[40+($s3)] in $t0
sw    $t0, A($s3)      # store ($t0) in mem[A+($s3)]
                        # "($s3)" means "content of $s3"

lui   $s0, 61          # The immediate value 61 is
                        # loaded in upper half of $s0
                        # with lower 16b set to 0s
```

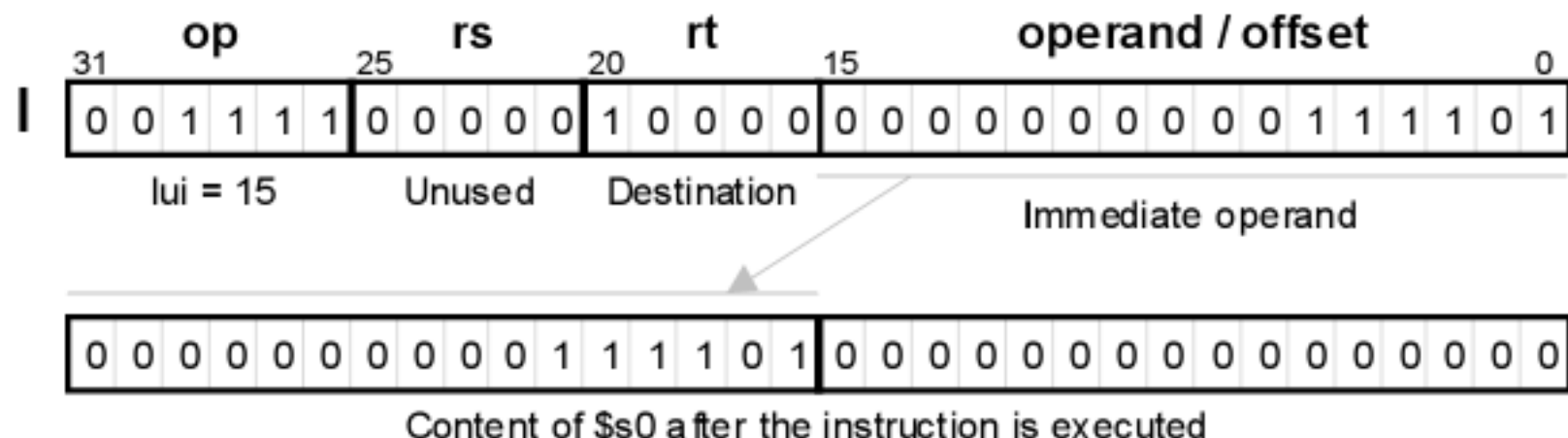


Figure 5.8 The `lui` instruction allows us to load an arbitrary 16-bit value into the upper half of a register while setting its lower half to 0s.

Initializing a Register

Example 5.2

Show how each of these bit patterns can be loaded into `$s0`:

```
0010 0001 0001 0000 0000 0000 0011 1101
1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111
```

Solution

The first bit pattern has the hex representation: `0x2110003d`

```
lui    $s0,0x2110      # put the upper half in $s0
ori    $s0,0x003d      # put the lower half in $s0
```

Same can be done, with immediate values changed to `0xffff` for the second bit pattern. But, the following is simpler and faster:

```
nor    $s0,$zero,$zero # because  $(0 \vee 0)' = 1$ 
```


5.5 Jump and Branch Instructions

Unconditional jump and jump through register instructions

```
j    verify           # go to mem loc named "verify"
jr   $ra              # go to address that is in $ra;
                       # $ra may hold a return address
```

\$ra is the symbolic name for reg. \$31 (return address)

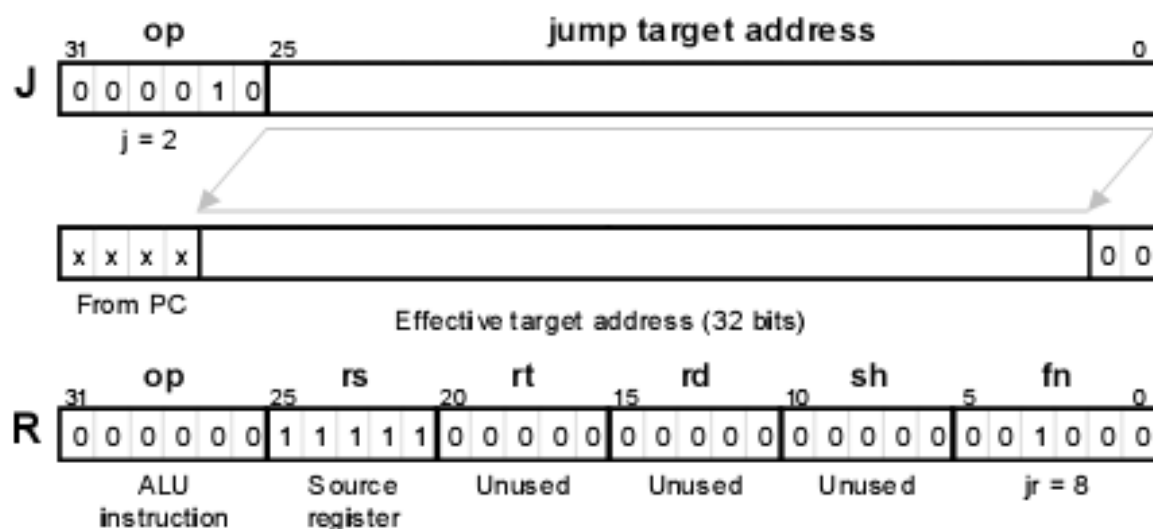


Figure 5.9 The jump instruction `j` of MiniMIPS is a J-type instruction which is shown along with how its effective target address is obtained. The jump register (`jr`) instruction is R-type, with its specified register often being `$ra`.

Conditional Branch Instructions

Conditional branches use PC-relative addressing

```
bltz $s1, L           # branch on ($s1) < 0
beq  $s1, $s2, L      # branch on ($s1) = ($s2)
bne  $s1, $s2, L      # branch on ($s1) ≠ ($s2)
```

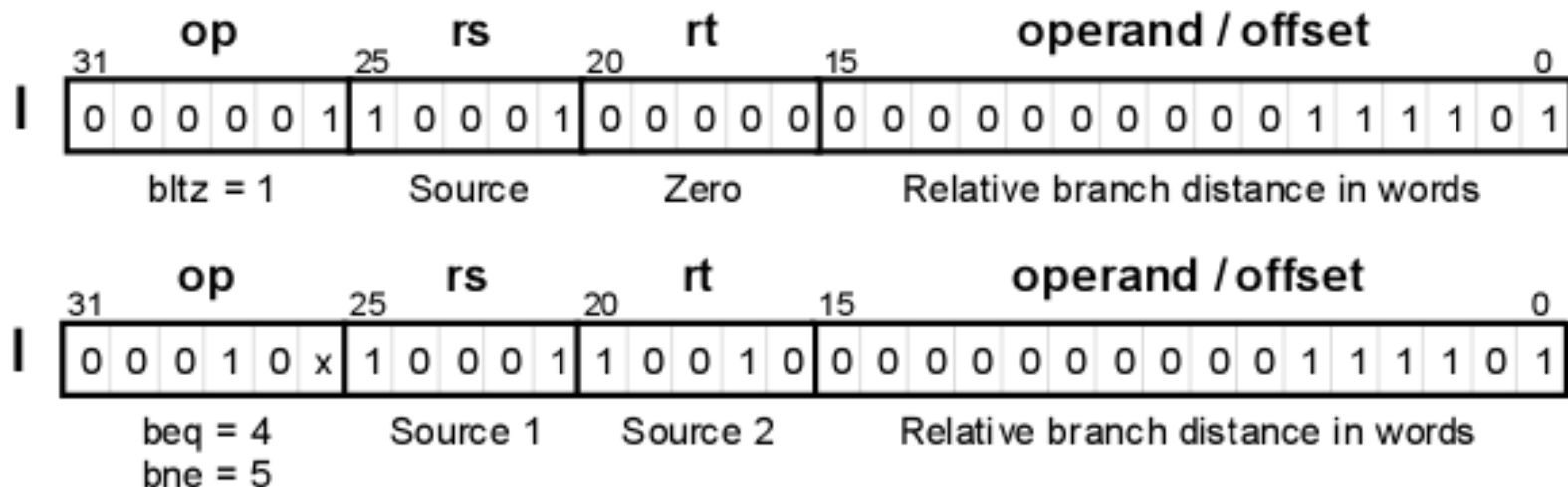


Figure 5.10 (part 1) Conditional branch instructions of MiniMIPS.

Comparison Instructions for Conditional Branching

```
slt    $s1,$s2,$s3    # if ($s2)<($s3), set $s1 to 1
                        # else set $s1 to 0;
                        # often followed by beq/bne
slti   $s1,$s2,61     # if ($s2)<61, set $s1 to 1
                        # else set $s1 to 0
```



Figure 5.10 (part 2) Comparison instructions of MiniMIPS.

```
slt    $t0,$s1,$s2      # set $t0 to 1 if i<j
beq    $t0,$0,endif      # branch if ($t0)=0;
                        # i.e., i not< j or i≥j
```

Compiling if-then-else Statements

Example 5.3

Show a sequence of MiniMIPS instructions corresponding to:

```
if (i<=j) x = x+1; z = 1; else y = y-1; z = 2*z
```

Solution

Similar to the “if-then” statement, but we need instructions for the “else” part and a way of skipping the “else” part after the “then” part.

```
      slt    $t0,$s2,$s1      # j<i? (inverse condition)
      bne    $t0,$zero,else    # if j<i goto else part
      addi   $t1,$t1,1         # begin then part: x = x+1
      addi   $t3,$zero,1       # z = 1
      j      endif            # skip the else part
else:  addi   $t2,$t2,-1        # begin else part: y = y-1
      add    $t3,$t3,$t3       # z = z+z
endif:...
```

while Statements

Example

The simple while loop: `while (A[i]==k) i=i+1;`

Assuming that: `i`, `A`, `k` are stored in `$s1`, `$s2`, `$s3`

Solution

```
loop: add    $t1,$s1,$s1    # t1 = 4*i
      add    $t1,$t1,$t1    #
      add    $t1,$t1,$s2    # t1 = A + 4*i
      lw     $t0,0($t1)     # t0 = A[i]
      bne    $t0,$s3,endwhl #
      addi   $s1,$s1,1      #
      j      loop          #
endwhl: ...                #
```

switch Statements

Example

The simple switch

```
switch(test) {  
  case 0:  
    a=a+1; break;  
  case 1:  
    a=a-1; break;  
  case 2:  
    b=2*b; break;  
  default:  
}
```

Assuming that: test, a, b are
stored in \$s1, \$s2, \$s3

```
        beq    s1,t0,case_0  
        beq    s1,t1,case_1  
        beq    s1,t2,case_2  
        b      default  
case_0:  
        addi   s2,s2,1          #a=a+1  
        b      continue  
case_1:  
        sub    s2,s2,t1        #a=a-1  
        b      continue  
case_2:  
        add    s3,s3,s3        #b=2*b  
        b      continue  
default:  
continue:
```

5.6 Addressing Modes

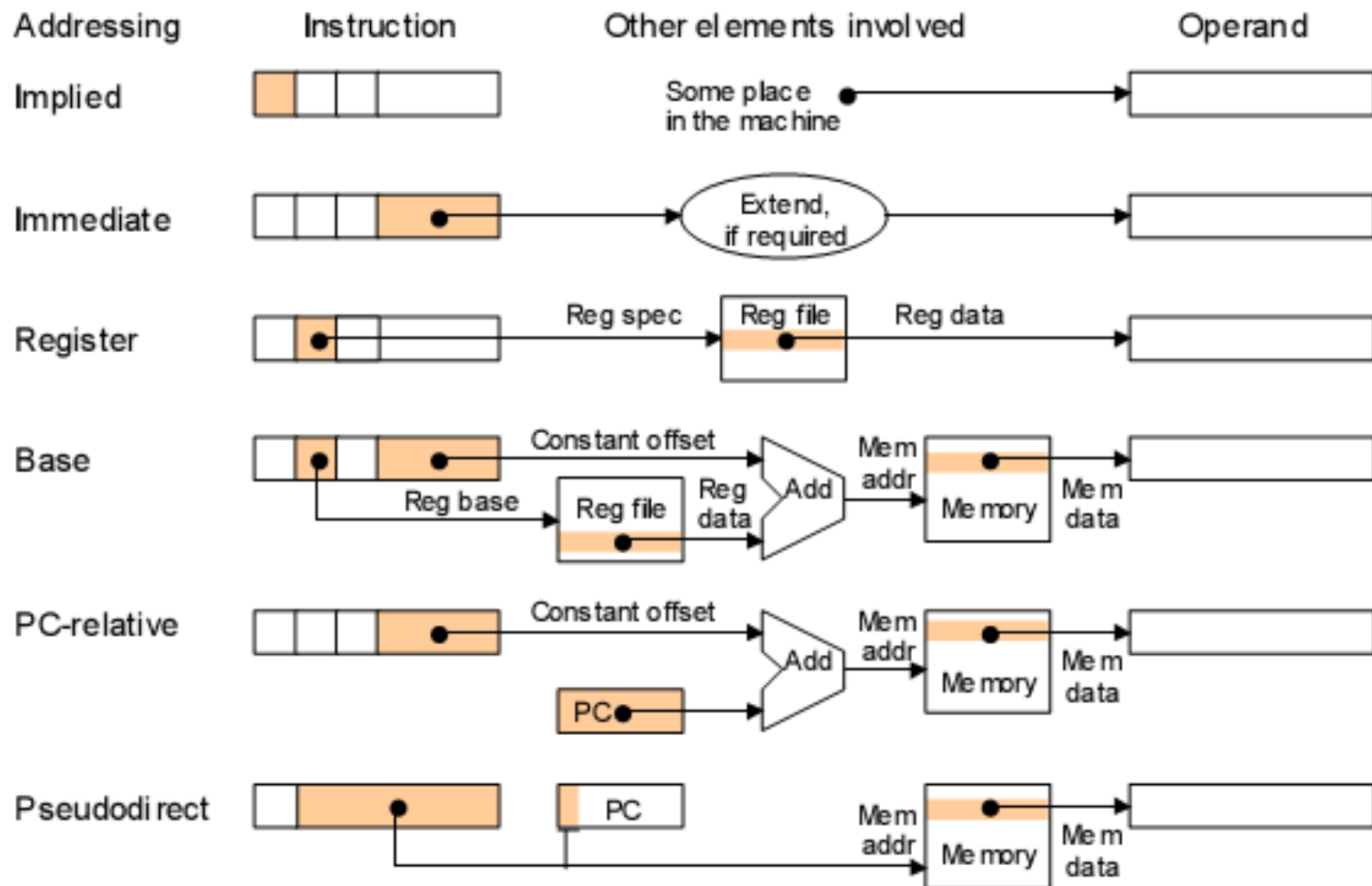


Figure 5.11 Schematic representation of addressing modes in MiniMIPS.

The 20 MiniMIPS Instructions Covered So Far

Copy

Arithmetic

Logic

Memory access

Control transfer

Table 5.1

Instruction	Usage	op	fn
Load upper immediate	lui rt,imm	15	
Add	add rd,rs,rt	0	32
Subtract	sub rd,rs,rt	0	34
Set less than	slt rd,rs,rt	0	42
Add immediate	addi rt,rs,imm	8	
Set less than immediate	slti rd,rs,imm	10	
AND	and rd,rs,rt	0	36
OR	or rd,rs,rt	0	37
XOR	xor rd,rs,rt	0	38
NOR	nor rd,rs,rt	0	39
AND immediate	andi rt,rs,imm	12	
OR immediate	ori rt,rs,imm	13	
XOR immediate	xori rt,rs,imm	14	
Load word	lw rt,imm(rs)	35	
Store word	sw rt,imm(rs)	43	
Jump	j L	2	
Jump register	jr rs	0	8
Branch less than 0	bltz rs,L	1	
Branch equal	beq rs,rt,L	4	
Branch not equal	bne rs,rt,L	5	

PSEUDO INSTRUCTION

- Là “lệnh giả”
- Thực chất khi thực hiện “lệnh giả”, vi xử lý phải thực hiện 1 hay 1 số *Real Instruction* nào đó .
- Ví dụ: `abs $t0, $s0` # $\$t0 = | \$s0 |$

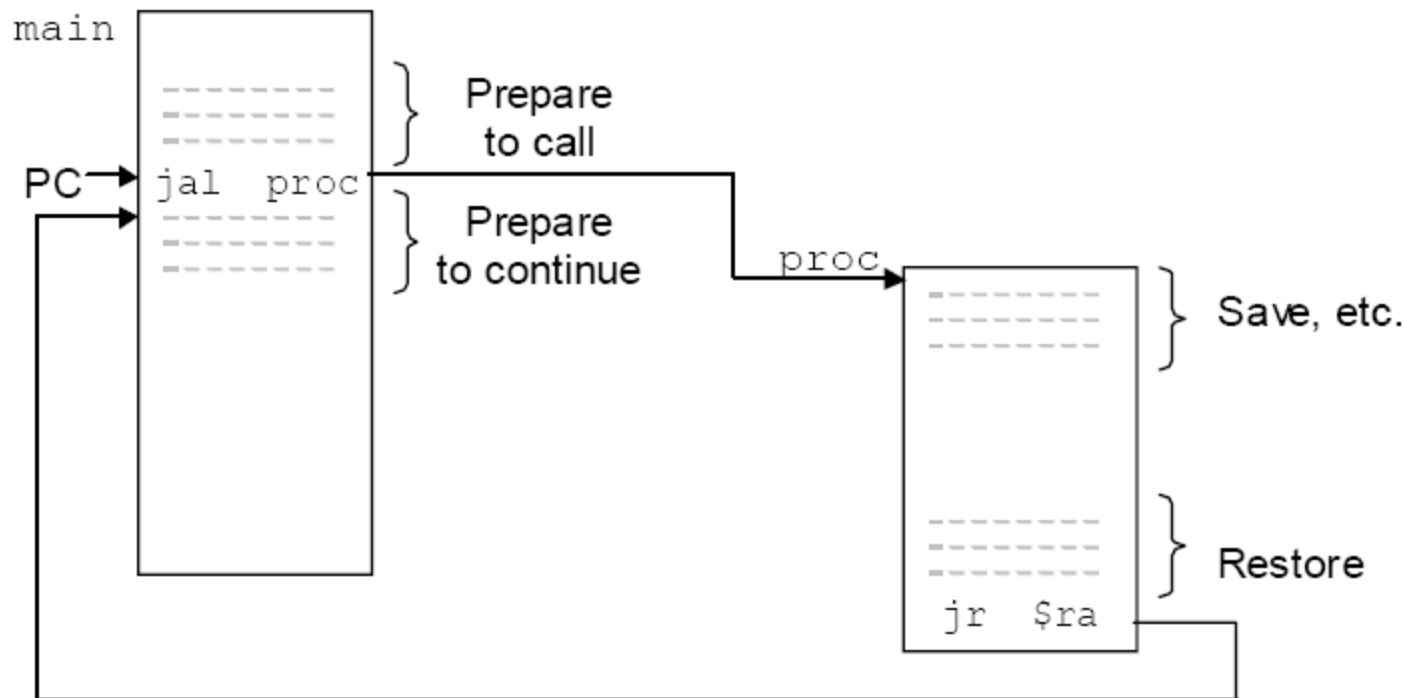
chính là các lệnh *real* sau:

```
add $t0,$s0,$zero      # lưu giá trị x vào $t0
slt $at,$t0,$zero      # x có là số âm?
beq $at,$zero,+4       # nếu x không âm nhảy đến
lệnh tiếp theo
sub $t0,$zero,$s0      # x có là số dương?
```

Chương trình con và Stack

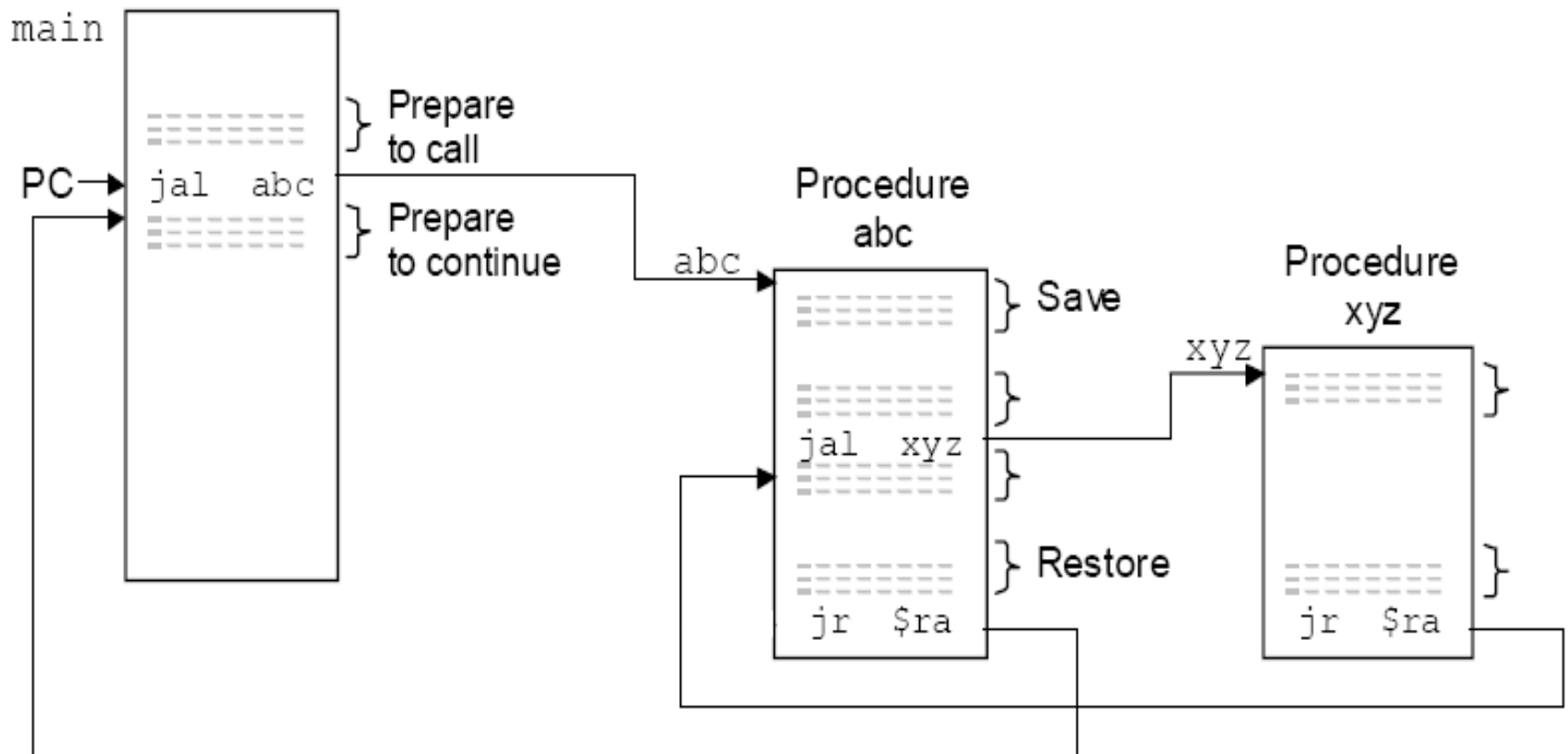
- Để gọi chương trình con: ta sử dụng lệnh
`jal (jump and link)`
- Khi đó để trở lại thân hàm chính, ta dùng lệnh
`jr $ra`

Gọi chương trình con

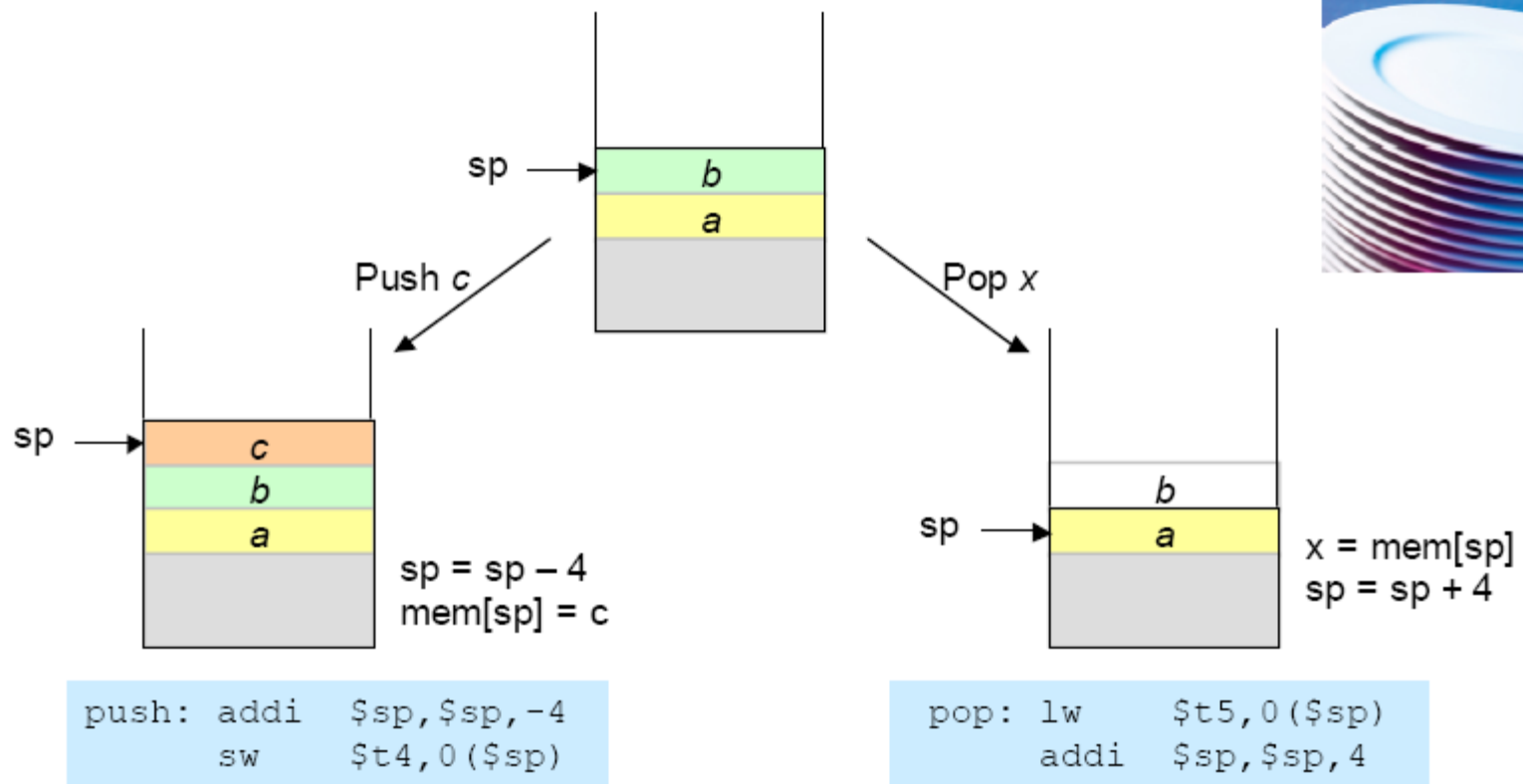


Hàm lồng trong hàm

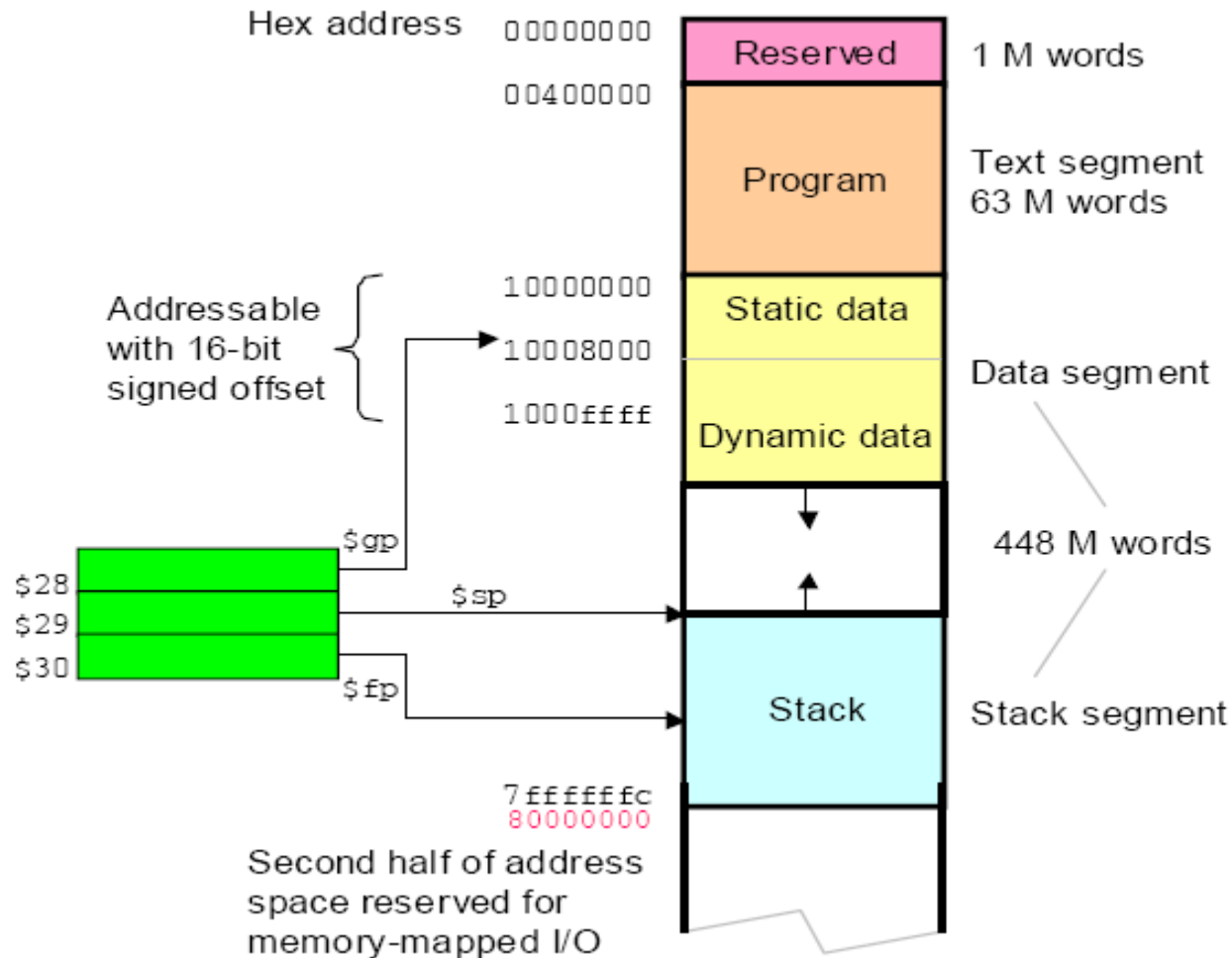
Nested Procedure Calls



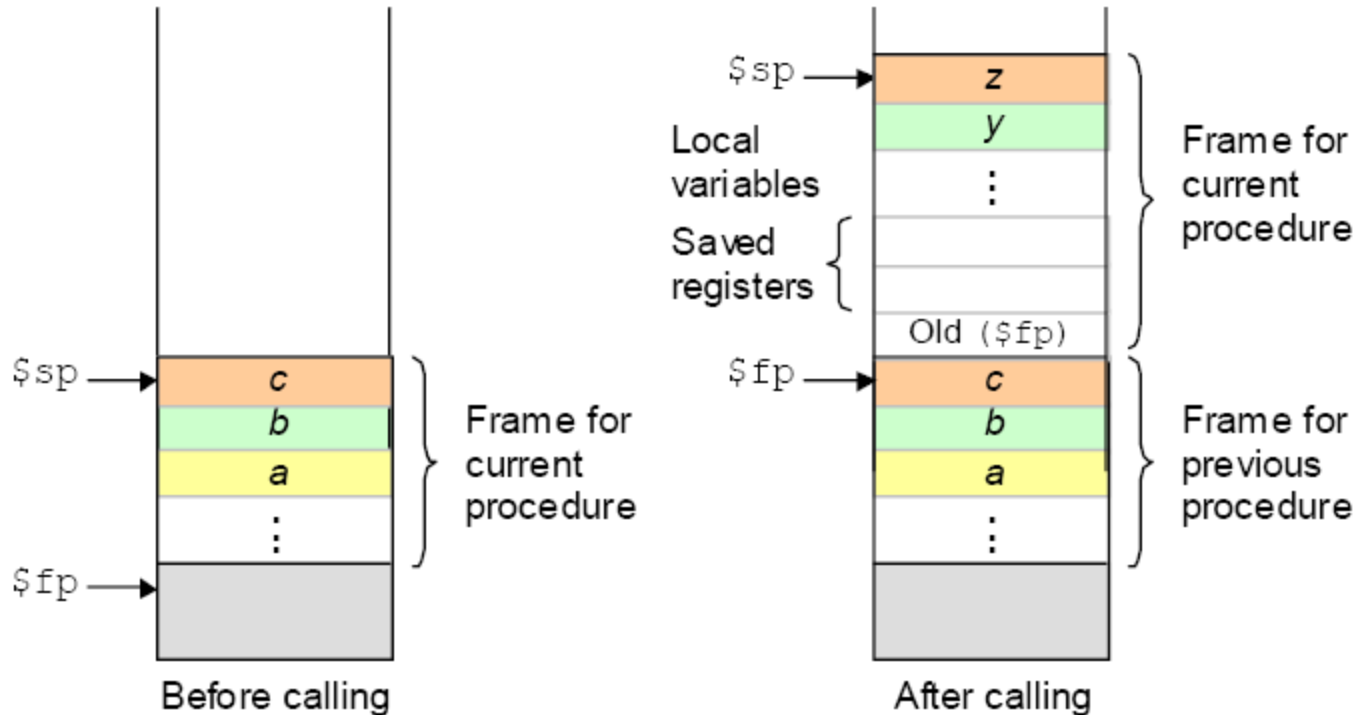
Stack



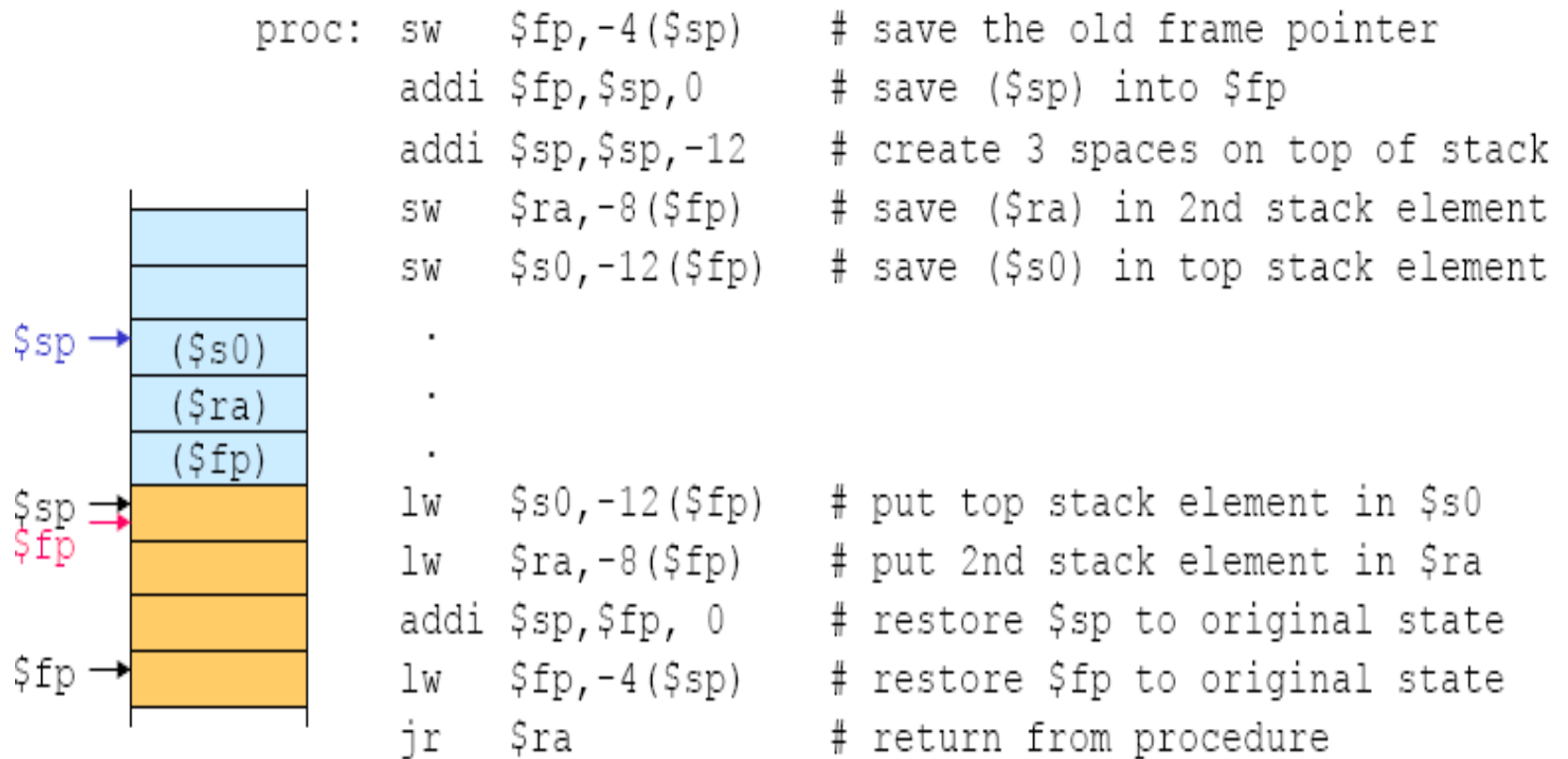
Memory Map



\$sp và \$fp



Ví dụ về \$sp và \$fp



Khung chương trình hợp ngữ

Giống 8086, chương trình hợp ngữ cho MIPS bao gồm các thành phần

- Định hướng biên dịch
- Lệnh
- Giả lệnh

Khung chương trình hợp ngữ

```
#include <iregdef.h>
```

```
.data
```

```
#Khai báo biến
```

```
.text
```

```
.globl start
```

```
.ent start
```

```
start:
```

```
#Nội dung chương trình chính
```

```
.end start
```

```
.ent CTCon
```

```
CTCon:
```

```
#Nội dung chương trình con
```

```
.end CTCon
```

Chương trình ví dụ

```
#include <iregdef.h>
.data
test: .asciiz "Hello World"
.text
.set noreorder
.globl start
.ent start
start:
    la    a0,test      #load the address of test string to a0
    jal   printf        #print test tring to console
.end start
```

Pipelined MIPS

