

Manuale utente di EduMIPS64

**di Andrea Spadaccini
ed il team di EduMIPS64**

Traduzione italiana di Simona Ullo

Versione 1.3, 4 Giugno 2007

Indice

1	Introduzione	7
2	Formato dei file sorgenti	9
2.1	Sezioni	9
2.1.1	La sezione <code>.data</code>	10
2.1.2	La sezione <code>.code</code>	12
2.1.3	Il comando <code>#include</code>	13
3	Il repertorio delle istruzioni	15
3.1	Istruzioni ALU	15
3.2	Istruzioni Load/Store	24
3.3	Istruzioni di controllo del flusso	26
3.4	L'istruzione <code>SYSCALL</code>	28
3.4.1	<code>SYSCALL 0 - exit()</code>	28
3.4.2	<code>SYSCALL 1 - open()</code>	29
3.4.3	<code>SYSCALL 2 - close()</code>	30
3.4.4	<code>SYSCALL 3 - read()</code>	30
3.4.5	<code>SYSCALL 4 - write()</code>	31
3.4.6	<code>SYSCALL 5 - printf()</code>	31
3.5	Altre istruzioni	32

3.5.1	BREAK	32
3.5.2	NOP	32
3.5.3	TRAP	32
3.5.4	HALT	32
4	L'interfaccia utente	33
4.1	La barra del menù	33
4.1.1	File	33
4.1.2	Esegui	34
4.1.3	Configura	35
4.1.4	Strumenti	35
4.1.5	Finestra	36
4.1.6	Aiuto	36
4.2	Finestre	36
4.2.1	Cicli	36
4.2.2	Registri	37
4.2.3	Statistiche	37
4.2.4	Pipeline	37
4.2.5	Memoria	37
4.2.6	Codice	38
4.2.7	Input/Output	38
4.3	Finestre di dialogo	38
4.3.1	Impostazioni	38
4.3.2	Dinero Frontend	39
4.3.3	Aiuto	39
4.4	Opzioni da linea di comando	40

4.5	Eseguire EduMIPS64	40
5	Listati di esempio	42
5.1	SYSCALL	42
5.1.1	SYSCALL 0	43
5.1.2	SYSCALL 1	43
5.1.3	SYSCALL 2	44
5.1.4	SYSCALL 3	46
5.1.5	SYSCALL 4	47
5.1.6	SYSCALL 5	49
5.1.7	Un esempio più complesso di SYSCALL 5	49

Elenco delle tabelle

2.1	Tipi di dato	10
2.2	Stato della memoria per il listato 2.2	11
2.3	Sequenze di escape	12
2.4	Alias per i primi 32 registri	14

Listings

2.1	Esempio di codice EduMIPS64	9
2.2	Byte adiacenti	11
5.1	Esempio SYSCALL 0	43
5.2	Esempio SYSCALL 1	43
5.3	Esempio SYSCALL 2	44
5.4	Esempio SYSCALL 3	46
5.5	Esempio SYSCALL 4	47
5.6	Esempio SYSCALL 5	49
5.7	Esempio non banale di SYSCALL 5	50

Capitolo 1

Introduzione

EduMIPS64 è un simulatore di Instruction Set Architecture (ISA) MIPS64. È stato progettato per eseguire piccoli programmi che utilizzino il sottoinsieme dell'Instruction Set MIPS64 implementato dal simulatore stesso, permettendo all'utente di vedere come le istruzioni si comportino nella pipeline, come gli stalli siano gestiti dalla CPU, lo stato di registri e memoria e molto altro. È classificabile sia come simulatore, sia come debugger visuale.

EduMIPS64 è stato progettato e sviluppato da un gruppo di studenti dell'Università degli Studi di Catania, ed ha tratto spunto, come interfaccia e come funzionamento, dal simulatore WinMIPS64, sebbene vi siano alcune differenze importanti con quest'ultimo.

Questo manuale vi introdurrà ad EduMIPS64, e spiegherà come utilizzarlo.

Il primo capitolo del manuale riguarda il formato dei file sorgente accettato dal simulatore, descrivendo i tipi di dato e le direttive, oltre ai parametri da linea di comando.

Nel secondo capitolo è presentata una panoramica del set di istruzioni MIPS64 utilizzato da EduMIPS64, con tutti i parametri richiesti e le indicazioni per il loro utilizzo.

Il terzo capitolo è una descrizione dell'interfaccia utente di EduMIPS64, che espone lo scopo di ciascuna finestra e di ciascun menù, insieme ad una descrizione delle finestre di configurazione, del Dinero frontend, del manuale e delle opzioni da linea di comando.

Il quarto capitolo contiene alcune esempi pratici di utilizzo del simulatore.

Questo manuale si riferisce ad EduMIPS64 versione 0.5

Capitolo 2

Formato dei file sorgenti

EduMIPS64 si propone di seguire le convenzioni usate negli altri simulatori MIPS64 e DLX, in modo tale da non creare confusione riguardante la sintassi per i vecchi utenti.

2.1 Sezioni

All'interno di un file sorgente sono presenti due sezioni: quella dedicata ai **dati** e quella in cui è contenuto il **code**, introdotte rispettivamente dalle direttive **.data** e **.code**. Nel listato 2.1 è possibile vedere un semplice programma EduMIPS64.

Per distinguere le varie parti di ciascuna linea di codice, può essere utilizzata una qualunque combinazione di spazi e tabulazioni.

```
1 ; Questo e' un commento
2     .data
3 label: .word    15      ; Questo e' un commento in linea
4
5     .code
6     daddi    r1, r0, 0
7     syscall  0
```

Listing 2.1: Esempio di codice EduMIPS64

I commenti possono essere introdotti utilizzando il carattere “;” qualsiasi cosa

venga scritta successivamente ad esso verrà ignorata. Un commento può quindi essere usato “inline” (dopo una direttiva) oppure in una riga a sè stante.

Le etichette possono essere usate nel codice per fare riferimento ad una cella di memoria o ad un’istruzione. Esse sono case insensitive. Per ciascuna linea di codice può essere utilizzata un’unica etichetta. Quest’ultima può essere inserita una o più righe al di sopra dell’effettiva dichiarazione del dato o dell’istruzione, facendo in modo che non ci sia nulla, eccetto commenti e linee vuote, tra l’etichetta stessa e la dichiarazione.

2.1.1 La sezione **.data**

La sezione **data** contiene i comandi che specificano il modo in cui la memoria deve essere riempita prima dell’inizio dell’esecuzione del programma. La forma generale di un comando **.data** è:

```
[etichetta:] .tipoDiDato valore1 [, valore2 [, ...]]
```

EduMIPS64 supporta diversi tipi di dato, che sono descritti nella tabella 2.1.

Tipo	Direttiva	Bit richiesti
Byte	.byte	8
Half word	.word16	16
Word	.word32	32
Double Word	.word o .word64	64

Tabella 2.1: Tipi di dato

Dati di tipo doubleword possono essere introdotti sia dalla direttiva **.word** che dalla direttiva **.word64**.

Esiste una differenza sostanziale tra la dichiarazione di una lista di dati utilizzando un’unica direttiva oppure direttive multiple dello stesso tipo. EduMIPS64

inizia la scrittura a partire dalla successiva double word a 64 bit non appena trova un identificatore del tipo di dato, in tal modo la prima istruzione `.byte` del listato 2.2 inserirà i numeri 1, 2, 3 e 4 nello spazio di 4 byte, occupando 32 bit, mentre il codice delle successive quattro righe inserirà ciascun numero in una differente cella di memoria, occupando 32 byte, come specificato nella tabella 2.2.

```

1      .data
2      .byte    1, 2, 3, 4
3      .byte    1
4      .byte    2
5      .byte    3
6      .byte    4

```

Listing 2.2: Byte adiacenti

Nella tabella 2.2, la memoria è rappresentata utilizzando celle di dimensione pari ad 1 byte e ciascuna riga è lunga 64 bit. L'indirizzo posto alla sinistra di ogni riga della tabella è riferito alla cella di memoria più a destra, che possiede l'indirizzo più basso rispetto alle otto celle in ciascuna linea.

0	0	0	0	0	4	3	2	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	2
24	0	0	0	0	0	0	0	3
36	0	0	0	0	0	0	0	4

Tabella 2.2: Stato della memoria per il listato 2.2

Ci sono alcune direttive speciali che devono essere discusse: `.space`, `.ascii` e `.asciiz`. La direttiva `.space` è usata per lasciare dello spazio vuoto in memoria. Essa accetta un intero come parametro, che indica il numero di byte che devono essere lasciati liberi. Tale direttiva è utile quando è necessario conservare dello spazio in memoria per i risultati dei propri calcoli.

La direttiva `.ascii` accetta stringhe contenenti un qualunque carattere ASCII, ed alcune “sequenze di escape”, simili a quelle presenti nel linguaggio C, che sono descritte nella tabella 2.3, ed inserisce tali stringhe in memoria.

La direttiva `.asciiz` si comporta esattamente come il comando `.ascii`, con la differenza che essa pone automaticamente alla fine della stringa un byte nullo.

Sequenza di escape	Significato	Codifica ASCII
<code>\0</code>	Byte nullo	0
<code>\t</code>	Tabulazione orizzontale	9
<code>\n</code>	Nuova linea	10
<code>\“</code>	Apici doppi	34
<code>\\</code>	Backslash	92

Tabella 2.3: Sequenze di escape

2.1.2 La sezione `.code`

La sezione `code` contiene comandi che specificano come la memoria debba essere riempita quando il programma verrà eseguito. La forma generale di un comando `.code` è:

```
[etichette:] istruzione [param1 [, param2 [, param3]]]
```

può essere indicata anche con la direttiva `.text`.

Il numero e il tipo di parametri dipendono dall’istruzione stessa.

Le istruzioni possono accettare tre tipi di parametri:

- **Registri** un parametro di tipo registro è indicato da una “r” maiuscola o minuscola, o da un carattere “\$”, a fianco del numero di registro (tra 0 e 31). Ad esempio, le scritture “r4”, “R4” e “\$4” identificano tutt’e tre il quarto registro;

- **Valori immediati** un valore immediato può essere un numero o un'etichetta; il numero può essere specificato in base 10 o in base 16. I numeri in base 10 sono inseriti semplicemente scrivendo il numero utilizzando l'usuale notazione decimale; i numeri in base 16 si inseriscono aggiungendo all'inizio del numero il prefisso "0x";
- **Indirizzi** un indirizzo è composto da un valore immediato seguito dal nome di un registro tra parentesi. Il valore del registro sarà usato come base, quello dell'immediato come offset.

La dimensione dei valori immediati è limitata al numero di bit disponibili nella codifica associata all'istruzione.

È possibile utilizzare gli alias standard MIPS per i primi 32 registri, mettendo in coda ai prefissi standard per i registri ("r", "\$", "R") uno degli alias indicati in tabella 2.4

Le istruzioni che possono essere utilizzate in questa sezione saranno discusse nella sezione 3

2.1.3 Il comando **#include**

I sorgenti possono includere il comando **#include nomefile**, che ha l'effetto di inserire, al posto della riga contenente questo comando, il contenuto del file **nomefile**. Questo comando è utile se si vogliono includere delle funzioni esterne, ed è dotato di un algoritmo di rilevamento dei cicli, che impedisce di eseguire inclusioni circolari tipo **"#include A.s"** nel file **B.s** e **"#include B.s"** nel file **A.s**.

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

Tabella 2.4: Alias per i primi 32 registri

Capitolo 3

Il repertorio delle istruzioni

In questa sezione verrà illustrato il repertorio delle istruzioni MIPS64 riconosciute da EduMIPS64. È possibile effettuare due differenti classificazioni: una basata sulla funzionalità delle istruzioni e l'altra basata sul tipo di parametri.

La prima classificazione suddivide le istruzioni in tre categorie: istruzioni ALU, istruzioni Load/Store, istruzioni di controllo del flusso. I prossimi tre paragrafi descriveranno ciascuna categoria e le istruzioni che vi appartengono.

Il quarto paragrafo descriverà le istruzioni che non rientrano in nessuna delle tre categorie sopraelencate.

3.1 Istruzioni ALU

L'unità logico-aritmetica (ALU) fa parte dell'unità esecutiva di una CPU ed assume il ruolo di esecuzione di operazioni logiche ed aritmetiche. Il gruppo di istruzioni ALU conterrà quindi quelle istruzioni che effettuano questo tipo di operazioni.

Le istruzioni ALU possono essere suddivise in due gruppi: **tipo R** e **tipo I**.

Quattro di esse utilizzano due registri speciali: LO e HI. Tali registri sono

interni alla CPU ed è possibile accedere al loro valore mediante le istruzioni MFLO e MFHI.

Ecco la lista delle istruzioni ALU di tipo R.

- **AND rd, rs, rt**

Esegue un AND bit a bit tra rs ed rt, e pone il risultato in rd.

- **ADD rd, rs, rt**

Somma il contenuto dei registri a 32-bit rs ed rt, considerandoli come valori con segno, e pone il risultato in rd. Lancia un eccezione in caso di overflow.

- **ADDU rd, rs, rt**

Somma il contenuto dei registri a 32-bit rs ed rt, e pone il risultato in rd. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **DADD rd, rs, rt**

Somma il contenuto dei registri a 64-bit rs ed rt, considerandoli come valori con segno, e pone il risultato in rd. Lancia un eccezione in caso di overflow.

- **DADDU rd, rs, rt**

Somma il contenuto dei registri a 64-bit rs ed rt, e pone il risultato in rd. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **DDIV *rs, rt***

Esegue la divisione tra i registri a 64-bit *rs* ed *rt*, ponendo i 64-bit del quoziente in LO ed i 64-bit del resto in HI.

- **DDIVU *rs, rt***

Esegue la divisione tra i registri a 64-bit *rs* ed *rt*, considerandoli come valori senza segno e ponendo i 64-bit del quoziente in LO ed i 64-bit del resto in HI.

- **DIV *rs, rt***

Esegue la divisione tra i registri a 32-bit *rs* ed *rt*, ponendo i 32-bit del quoziente in LO ed i 32-bit del resto in HI.

- **DIVU *rs, rt***

Esegue la divisione tra i registri a 32-bit *rs* ed *rt*, considerandoli come valori senza segno e pone i 32-bit del quoziente in LO ed i 32-bit del resto in HI.

- **DMULT *rs, rt***

Esegue il prodotto tra i registri a 64-bit *rs* ed *rt*, ponendo i 64 bit bassi del risultato nel registro speciale LO e i 64 bit alti del risultato nel registro speciale HI.

- **DMULTU *rs, rt***

Esegue il prodotto tra i registri a 64-bit *rs* ed *rt*, considerandoli come valori senza segno e ponendo i 64 bit bassi del risultato nel registro speciale LO e i 64 bit alti del risultato nel registro speciale HI.

- **DSLL *rd, rt, sa***

Effettua uno shift verso sinistra del registro a 64-bit *rt*, di un numero di bit

indicato nel valore immediato (positivo compreso tra 0 e 63) sa, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **DSLLV rd, rt, rs**

Effettua uno shift verso sinistra del registro a 64-bit rt, di un numero di bit specificato nei 6 bit bassi del registro rs che verrà letto come valore senza segno, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **DSRA rd, rt, sa**

Effettua uno shift verso destra del registro a 64-bit rt, di un numero di bit specificato nel valore senza segno immediato (positivo compreso tra 0 e 63) sa, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero se il bit più a sinistra di rs è zero, altrimenti vengono posti a uno.

- **DSRAV rd, rt, rs**

Effettua uno shift verso destra del registro a 64-bit rt, di un numero di bit specificato nei 6 bit bassi del registro rs che verrà letto come valore senza segno, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero se il bit più a sinistra di rs è zero, altrimenti vengono posti a uno.

- **DSRL rd, rt, sa**

Effettua uno shift verso destra del registro a 64-bit rt, di un numero di bit specificato nel valore immediato (positivo compreso tra 0 e 63) sa, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **DSRLV rd, rt, rs**

Effettua uno shift verso destra del registro a 64-bit rt, di un numero di bit specificato nei 6 bit bassi del registro rs che verrà letto come valore senza segno, e pone il risultato in rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **DSUB rd, rs, rt**

Sottrae il valore del registro a 64-bit rt al valore del registro a 64-bit rs, considerandoli come valori con segno, e pone il risultato in rd. Lancia un'eccezione in caso di overflow.

- **DSUBU rd, rs, rt**

Sottrae il valore del registro a 64-bit rt al valore del registro a 64-bit rs, e pone il risultato in rd. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **MFLO rd**

Copia il contenuto del registro speciale LO in rd.

- **MFHI rd**

Copia il contenuto del registro speciale HI in rd.

- **MOVN rd, rs, rt**

Se rt è diverso da zero, copia il contenuto di rs in rd.

- **MOVZ rd, rs, rt**

Se rt è uguale a zero, copia il contenuto di rs in rd.

- **MULT rs, rt**

Esegue il prodotto tra i registri a 32-bit rs ed rt, ponendo i 32 bit bassi del risultato nel registro speciale LO e i 32 bit alti del risultato nel registro speciale HI.

- **MULTU *rs, rt***

Esegue il prodotto tra i registri a 32-bit *rs* ed *rt*, considerandoli come valori senza segno e ponendo i 32 bit bassi del risultato nel registro speciale LO e i 32 bit alti del risultato nel registro speciale HI.

- **OR *rd, rs, rt***

Esegue un OR bit a bit tra *rs* ed *rt*, e pone il risultato in *rd*.

- **SLL *rd, rt, sa***

Effettua uno shift verso sinistra del registro a 32-bit *rt*, di un numero di bit indicati nel valore immediato (positivo compreso tra 0 e 63) *sa*, e pone il risultato nel registro a 32-bit *rd*. I bit liberi vengono posti a zero.

- **SLLV *rd, rt, rs***

Effettua uno shift verso sinistra del registro a 32-bit *rt*, di un numero di bit specificato nei 5 bit bassi del registro *rs* che verrà letto come valore senza segno, e pone il risultato nel registro a 32-bit *rd*. I bit liberi vengono posti a zero.

- **SRA *rd, rt, sa***

Effettua uno shift verso destra del registro a 32-bit *rt*, di un numero di bit specificato nel valore immediato (positivo compreso tra 0 e 63) *sa*, e pone il risultato nel registro a 32-bit *rd*. I bit liberi vengono posti a zero se il bit più a sinistra di *rs* è zero, altrimenti vengono posti a uno.

- **SRAV *rd, rt, rs***

Effettua uno shift verso destra del registro a 32-bit *rt*, di un numero di bit specificato nei 5 bit bassi del registro *rs* che verrà letto come valore senza

segno, e pone il risultato nel registro a 32-bit in rd. I bit liberi vengono posti a zero se il bit più a sinistra di rs è zero, altrimenti vengono posti a uno.

- **SRL rd, rt, sa**

Effettua uno shift verso destra del registro a 32-bit rt, di un numero di bit specificato nel valore immediato (positivo compreso tra 0 e 63) sa, e pone il risultato nel registro a 32-bit rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **SRLV rd, rt, rs**

Effettua uno shift verso destra del registro a 32-bit rt, del numero di bit specificato nei 5 bit bassi del registro rs che verrà letto come valore senza segno, e pone il risultato nel registro a 32-bit rd. I bit liberi vengono posti a zero.

- **SUB rd, rs, rt**

Sottrae il valore del registro a 32-bit rt al valore del registro a 32-bit rs, considerandoli come valori con segno, e pone il risultato in rd. Lancia un eccezione in caso di overflow.

- **SUBU rd, rs, rt**

Sottrae il valore del registro a 32-bit rt al valore del registro a 32-bit rs, e pone il risultato in rd. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **SLT rd, rs, rt**

Pone il valore di rd ad 1 se il valore contenuto in rs è minore di quello con-

tenuto in rt, altrimenti pone rd a 0. Questa istruzione esegue un confronto con segno.

- **SLTU rd, rs, rt**

Pone il valore di rd ad 1 se il valore contenuto in rs è minore di quello contenuto in rt, altrimenti pone rd a 0. Questa istruzione esegue un confronto senza segno.

- **XOR rd, rs, rt**

Esegue un OR esclusivo (XOR) bit a bit tra rs ed rt, e pone il risultato in rd.

Ecco la lista delle istruzioni ALU di tipo I.

- **ADDI rt, rs, immediato**

Effettua la somma tra il registro a 32 bit rs ed il valore immediato, ponendo il risultato in rt. Questa istruzione considera gli operandi come valori con segno. Lancia un'eccezione in caso di overflow.

- **ADDIU rt, rs, immediato**

Effettua la somma tra il registro a 32 bit rs ed il valore immediato, ponendo il risultato in rt. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **ANDI rt, rs, immediato**

Esegue un AND bit a bit tra rs ed il valore immediato, ponendo il risultato in rt.

- **DADDI *rt, rs, immediato***

Effettua la somma tra il registro a 64 bit *rs* ed il valore immediato, ponendo il risultato in *rt*. Questa istruzione considera gli operandi come valori con segno. Lancia un'eccezione in caso di overflow.

- **DADDIU *rt, rs, immediato***

Effettua la somma tra il registro a 64 bit *rs* ed il valore immediato, ponendo il risultato in *rt*. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow).

- **DADDUI *rt, rs, immediato***

Effettua la somma tra il registro a 64 bit *rs* ed il valore immediato, ponendo il risultato in *rt*. Non si verificano eccezioni di overflow. **NB:** La 'U' dell'istruzione sta per 'unsigned'; tuttavia questo è un nome equivoco, perché l'operazione considera i valori con segno. La sua caratteristica è quella di non lanciare eccezioni (nemmeno in caso di overflow). **ATTENZIONE:** Questa è un'istruzione deprecated, che non appartiene al repertorio delle istruzioni MIPS64, ma è stata inclusa nel set di istruzioni per mantenere la compatibilità con altri simulatori.

- **LUI *rt, immediato***

Carica la costante definita dal valore immediato nella metà superiore dei 32 bit inferiori di *rt*, effettuando l'estensione del segno sui 32 bit superiori del registro.

- **ORI *rt, rs, immediato***

Effettua l'OR bit a bit tra `rs` ed il valore immediato, ponendo il risultato in `rt`.

- **SLTI `rt, rs, immediato`**

Pone il valore di `rt` ad 1 se il valore di `rs` è minore di quello dell'immediato, altrimenti pone `rt` a 0. Questa operazione effettua un confronto con segno.

- **SLTUI `rt, rs, immediato`**

Pone il valore di `rt` ad 1 se il valore di `rs` è minore di quello dell'immediato, altrimenti pone `rt` a 0. Questa operazione effettua un confronto senza segno.

- **XORI `rt, rs, immediato`**

Effettua l'OR esclusivo bit a bit tra `rs` ed il valore immediato, ponendo il risultato in `rt`.

3.2 Istruzioni Load/Store

Questa categoria contiene tutte le istruzioni che effettuano trasferimenti di dati tra i registri e la memoria. Ognuna di esse è espressa nella forma:

[etichetta:] ISTRUZIONE `rt, offset(base)`

In base all'utilizzo di un'istruzione `load` oppure `store`, `rt` rappresenterà di volta in volta il registro sorgente o destinazione; `offset` è un'etichetta o un valore immediato e `base` è un registro. L'indirizzo è ottenuto sommando al valore del registro `base` il valore immediato di `offset`.

L'indirizzo specificato deve essere allineato in base al tipo di dato che si sta trattando. Le istruzioni di caricamento che terminano con “U” considerano il contenuto del registro `rt` come un valore senza segno.

Ecco la lista delle istruzioni di caricamento (LOAD):

- `LB rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come byte con segno.

- `LBU rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come byte senza segno.

- `LD rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come una double word.

- `LH rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come una half word con segno.

- `LHU rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come una half word senza segno.

- `LW rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come una word con segno.

- `LWU rt, offset(base)`

Carica il contenuto della cella di memoria all'indirizzo specificato da offset e base nel registro rt, considerando tale valore come una word senza segno.

Ecco la lista delle istruzioni di memorizzazione (STORE):

- **SB *rt*, *offset*(*base*)**

Memorizza il contenuto del registro *rt* nella cella di memoria specificata da *offset* e *base*, considerando tale valore come un byte.

- **SD *rt*, *offset*(*base*)**

Memorizza il contenuto del registro *rt* nella cella di memoria specificata da *offset* e *base*, considerando tale valore come una double word.

- **SH *rt*, *offset*(*base*)**

Memorizza il contenuto del registro *rt* nella cella di memoria specificata da *offset* e *base*, considerando tale valore come una half word.

- **SW *rt*, *offset*(*base*)**

Memorizza il contenuto del registro *rt* nella cella di memoria specificata da *offset* e *base*, considerando tale valore come una word.

3.3 Istruzioni di controllo del flusso

Le istruzioni di controllo del flusso sono utilizzate per alterare l'ordine delle istruzioni prelevate dalla CPU nella fase di fetch. È possibile fare una distinzione tra tali istruzioni: tipo R, tipo I e tipo J.

Tali istruzioni eseguono il salto alla fase di Instruction Decode (ID), ogni qual volta viene effettuato un fetch inutile. In tal caso, due istruzioni vengono rimosse dalla pipeline, ed il contatore degli stalli dovuti ai salti effettuati viene incrementato di due unità.

Ecco la lista delle istruzioni di controllo del flusso di tipo R:

- **JALR rs**

Pone il contenuto di rs nel program counter, e salva in R31 l'indirizzo dell'istruzione che segue l'istruzione JALR, che rappresenta il valore di ritorno.

- **JR rs**

Pone il contenuto di rs nel program counter.

Ed ecco le istruzioni di controllo del flusso di tipo I:

- **B offset**

Salto incondizionato ad offset.

- **BEQ rs, rt, offset**

Salta ad offset se rs è uguale ad rt.

- **BEQZ rs, offset**

Salta ad offset se rs è uguale a zero.

ATTENZIONE: Questa è un'istruzione deprecated, che non appartiene al repertorio delle istruzioni MIPS64, ma è stata inclusa nel set di istruzioni per mantenere la compatibilità con altri simulatori.

- **BGEZ rs, offset**

Effettua un salto relativo al PC ad offset se rs è maggiore di zero.

- **BNE rs, rt, offset**

Salta ad offset se rs non è uguale ad rt.

- **BNEZ rs**

Salta ad offset se rs non è uguale a zero.

ATTENZIONE: Questa è un'istruzione deprecated, che non appartiene al repertorio delle istruzioni MIPS64, ma è stata inclusa nel set di istruzioni per mantenere la compatibilità con altri simulatori.

Ecco la lista delle istruzioni di controllo del flusso di tipo J:

- **J target**

Pone il valore immediato nel program counter

- **JAL target**

Pone il valore immediato nel program counter, e salva in R31 l'indirizzo dell'istruzione che segue l'istruzione JAL, che rappresenta il valore di ritorno.

3.4 L'istruzione **SYSCALL**

L'istruzione **SYSCALL** offre al programmatore un'interfaccia simile a quella offerta da un sistema operativo, rendendo disponibili sei differenti chiamate di sistema (system call).

Le system call richiedono che l'indirizzo dei loro parametri sia memorizzato nel registro R14, e pongono il loro valore di ritorno nel registro R1. Tali system call sono il più possibile fedeli alla convenzione POSIX.

3.4.1 **SYSCALL 0 - exit()**

SYSCALL 0 non richiede alcun parametro nè ritorna nulla, semplicemente ferma il simulatore.

È opportuno notare che se il simulatore non trova **SYSCALL 0** nel codice sorgente, o una qualsiasi istruzione equivalente (**HALT TRAP 0**), terminerà automaticamente alla fine del sorgente.

3.4.2 SYSCALL 1 - `open()`

SYSCALL 1 richiede due parametri: una stringa (che termini con valore zero) che indica il percorso del file che deve essere aperto, ed una double word contenente un intero che indica i parametri che devono essere usati per specificare come aprire il file.

Tale intero può essere costruito sommando i parametri che si vogliono utilizzare, scelti dalla seguente lista:

- `O_RDONLY` (0x01) Apre il file in modalità di sola lettura;
- `O_WRONLY` (0x02) Apre il file in modalità di sola scrittura;
- `O_RDWR` (0x03) Apre il file in modalità di lettura/scrittura;
- `O_CREAT` (0x04) Crea il file se non esiste;
- `O_APPEND` (0x08) In modalità di scrittura, aggiunge il testo alla fine del file;
- `O_TRUNC` (0x08) In modalità di scrittura, cancella il contenuto del file al momento della sua apertura.

È obbligatorio specificare una delle prime tre modalità. La quinta e la sesta sono esclusive, non è possibile specificare `O_APPEND` se si specifica `O_TRUNC` (e viceversa). Inoltre non si può specificare `O_CREAT` se si specifica `O_RDONLY` (oppure `O_RDWR`).

È possibile specificare una combinazione di modalità semplicemente sommando i valori interi ad esse associati. Ad esempio, se si vuole aprire un file in modalità di sola scrittura ed aggiungere il testo alla fine del file, si dovrà specificare la modalità $2 + 8 = 10$.

Il valore di ritorno delle chiamate di sistema è il nuovo descrittore del file (file descriptor) associato al file, che potrà essere utilizzato con le altre chiamate di sistema. Qualora si verifichi un errore, il valore di ritorno sarà -1.

3.4.3 SYSCALL 2 - close()

SYSCALL 2 richiede solo un parametro, il file descriptor del file che deve essere chiuso.

Qualora l'operazione termini con successo, SYSCALL 2 ritornerà 0, altrimenti -1. Possibili cause di errore sono il tentativo di chiudere un file inesistente, o di chiudere i file descriptor 0, 1 o 2, che sono associati rispettivamente allo standard input, allo standard output ed allo standard error.

3.4.4 SYSCALL 3 - read()

SYSCALL 3 richiede tre parametri: il file descriptor da cui leggere, l'indirizzo nel quale i dati letti dovranno essere copiati, il numero di byte da leggere.

Se il primo parametro è 0, il simulatore permetterà all'utente di inserire un valore mediante un'apposita finestra di dialogo. Se la lunghezza del valore immesso è maggiore del numero di byte che devono essere letti, il simulatore mostrerà nuovamente la finestra.

La chiamata di sistema ritorna il numero di byte effettivamente letti, o -1 se l'operazione di lettura fallisce. Possibili cause di errore sono il tentativo di leggere da un file inesistente, o di leggere dai file descriptor 1 (standard output) o 2 (standard error), oppure il tentativo di leggere da un file di sola scrittura.

3.4.5 SYSCALL 4 - write()

SYSCALL 4 richiede tre parametri: il file descriptor su cui scrivere, l'indirizzo dal quale i dati dovranno essere letti, il numero di byte da scrivere.

Se il primo parametro è 2 o 3, il simulatore mostrerà la finestra di input/output dove scriverà i dati letti.

Questa chiamata di sistema ritorna il numero di byte che sono stati scritti, o -1 se l'operazione di scrittura fallisce. Possibili cause di errore sono il tentativo di scrivere su un file inesistente, o sul file descriptor 0 (standard input), oppure il tentativo di scrivere su un file di sola lettura.

3.4.6 SYSCALL 5 - printf()

SYSCALL 5 richiede un numero variabile di parametri, il primo è la cosiddetta "format string" o stringa di formato. Nella stringa di formato possono essere inseriti alcuni segnaposto, descritti nella seguente lista:

- %s indica un parametro stringa;
- %i indica un parametro intero;
- %d si comporta come %i;
- %% indica %

Per ciascuno dei segnaposto %s, %d o %i la SYSCALL 5 si aspetta un parametro, partendo dall'indirizzo del precedente.

Quando la SYSCALL trova un segnaposto per un parametro intero, si aspetta che il corrispondente parametro sia un valore intero, quando trova un segnaposto per un parametro stringa, si aspetta come parametro l'indirizzo della stringa stessa.

Il risultato visualizzato nella finestra di input/output, ed il numero di byte scritti posto in R1.

Qualora si verifichi un errore, R1 avrà valore -1.

3.5 Altre istruzioni

In questa sezione sono descritte istruzioni che non rientrano nelle precedenti categorie.

3.5.1 BREAK

L'istruzione BREAK solleva un'eccezione che ha l'effetto di fermare l'esecuzione se il simulatore è in esecuzione. Può essere utilizzata per il debugging.

3.5.2 NOP

L'istruzione NOP non fa nulla, ed è utilizzata per creare pause nel codice sorgente.

3.5.3 TRAP

L'istruzione TRAP è deprecated, rappresenta un'alternativa all'istruzione SYSCALL.

3.5.4 HALT

L'istruzione HALT è deprecated, rappresenta un'alternativa all'istruzione SYSCALL 0, che ferma il simulatore.

Capitolo 4

L'interfaccia utente

L'interfaccia grafica EduMIPS64 è ispirata a quella di WinMIPS64. Infatti, la finestra principale è identica, eccetto che per qualche menù.

La finestra principale di EduMIPS64 è caratterizzata da sei frame, che mostrano i differenti aspetti della simulazione. È inoltre presente una barra di stato, che ha il duplice scopo di mostrare il contenuto delle celle di memoria e dei registri quando vengono selezionati e di notificare all'utente che il simulatore è in esecuzione quando la simulazione è stata avviata ma la modalità verbose non è stata attivata. Maggiori dettagli sono descritti nelle sezioni a seguire.

4.1 La barra del menù

La barra del menù contiene sei opzioni:

4.1.1 File

Il menù File contiene comandi per l'apertura dei file, per resettare o fermare il simulatore e per scrivere i trace file.

- **Apri...** Apre una finestra che consente all'utente di scegliere un file sorgente da aprire.

- **Apri recente** Mostra la lista dei file recentemente aperti dal simulatore, dalla quale l'utente può scegliere il file da aprire.
- **Resetta** Inizializza nuovamente il simulatore, mantenendo aperto il file che era stato caricato ma facendone ripartire l'esecuzione.
- **Scrivi Tracefile Dinero...** Scrive i dati di accesso alla memoria in un file, nel formato xdin.
- **Esci** Chiude il simulatore.

La voce del menù **Scrivi Tracefile Dinero...** è disponibile solo quando un file sorgente è stato completamente eseguito ed è stata già raggiunta la fine dell'esecuzione.

4.1.2 Esegui

Il menu Esegui contiene voci riguardanti il flusso di esecuzione della simulazione.

- **Ciclo singolo** Esegue un singolo passo di simulazione.
- **Completa** Inizia l'esecuzione, fermandosi quando il simulatore raggiunge una SYSCALL 0 (o equivalente) o un'istruzione di **BREAK**, oppure quando l'utente seleziona la voce Stop del menù (o preme F9).
- **Cicli multipli** Esegue un certo numero di passi di simulazione, tale valore può essere configurato attraverso la finestra di configurazione. Vedere la sezione 4.3.1 per ulteriori dettagli.
- **Ferma** Ferma l'esecuzione quando il simulatore è in modalità "Completa" o "Cicli multipli", come descritto precedentemente.

Il menu è disponibile solo quando è stato caricato un file sorgente e non è ancora stato raggiunto il termine della simulazione. La voce **Stop** del menù disponibile solo in modalità “Completa” o “Cicli multipli” mode.

4.1.3 Configura

Il menu Configura fornisce l'opportunità di personalizzare l'aspetto ed il funzionamento di EduMIPS64.

- **Impostazioni...** Apre la finestra di configurazione, descritta nella sezione 4.3.1
- **Selezione lingua** Consente di modificare la lingua usata dall'interfaccia utente. Attualmente sono supportate solo inglese ed italiano. Questa modifica riguarda ogni aspetto dell'interfaccia grafica, dal titolo delle finestre al manuale in linea ed i messaggi di errore o le notifiche.

The **Impostazioni...** non è disponibile quando il simulatore è in modalità “Completa” o “Cicli multipli”, a causa di possibili race conditions.

4.1.4 Strumenti

Questo menù contiene solo una voce, utilizzata per aprire la finestra del Dinero frontend.

- **Dinero Frontend...** Apre la finestra del Dinero Frontend. Vedi paragrafo 4.3.2.

Questo menù non è disponibile finchè non è stata portata a termine l'esecuzione del programma

4.1.5 Finestra

Questo menù contiene voci relative alle operazioni con le finestre.

- **Tile** Ordina le finestre visibili in modo tale che non vi siano più di tre finestre in una riga, tentando di massimizzare lo spazio occupato da ciascuna finestra.

Le altre voci del menù modificano semplicemente lo stato di ciascuna finestra, rendendola visibile o riducendola ad icona.

4.1.6 Aiuto

Questo menù contiene voci relative all'aiuto in linea.

- **Manuale...** Mostra la finestra di help. Vedi 4.3.3
- **Informazioni su...** Mostra una finestra contenente i nomi di coloro che hanno collaborato al progetto, insieme ad i loro ruoli.

4.2 Finestre

L'interfaccia grafica è composta da sette finestre, sei delle quali sono visibili per default, mentre una (la finestra di I/O) è nascosta.

4.2.1 Cicli

La finestra Cicli mostra l'evoluzione del flusso di esecuzione nel tempo, visualizzando in ogni istante quali istruzioni sono nella pipeline, ed in quale stadio si trovano.

4.2.2 Registri

La finestra Registri mostra il contenuto di ciascun registro. Mediante un click col tasto sinistro del mouse è possibile vedere il loro valore decimale (con segno) nella barra di stato, mentre con un doppio click verrà aperta una finestra di dialogo che consentirà all'utente di cambiare il valore del registro

4.2.3 Statistiche

La finestra Statistiche mostra alcune statistiche riguardanti l'esecuzione del programma.

4.2.4 Pipeline

La finestra Pipeline mostra lo stato attuale della pipeline, visualizzando ciascuna istruzione con il suo stadio. I differenti colori evidenziano i vari stadi della pipeline stessa.

4.2.5 Memoria

La finestra Memoria mostra il contenuto delle celle di memoria, insieme alle etichette ed i commenti, tratti dal codice sorgente. Il contenuto delle celle di memoria, come per i registri, può essere modificato con un doppio click, e mediante un singolo click del mouse verrà mostrato il loro valore decimale nella barra di stato. La prima colonna mostra l'indirizzo esadecimale della cella di memoria, e la seconda il valore della cella stessa. Le altre colonne mostrano invece informazioni aggiuntive provenienti dal codice sorgente.

4.2.6 Codice

La finestra Codice visualizza le istruzioni caricate in memoria.. La prima colonna mostra l'indirizzo dell'istruzione, mentre la seconda mostra la rappresentazione esadecimale dell'istruzione stessa. Le altre colonne mostrano infine informazioni aggiuntive provenienti dal codice sorgente.

4.2.7 Input/Output

La finestra Input/Output fornisce un'interfaccia all'utente per la visualizzazione dell'output creato dai programmi mediante le `SYSCALL` 4 e 5. Attualmente non è utilizzata per l'input di dati, ed al suo posto viene utilizzata una finestra di dialogo che viene mostrata quando una `SYSCALL` 3 tenta di leggere dallo standard input, ma future versioni includeranno una casella di testo per l'input.

4.3 Finestre di dialogo

Le finestre di dialogo sono utilizzate da EduMIPS64 per interagire con l'utente in vari modi. Ecco un riassunto delle più importanti:

4.3.1 Impostazioni

Nella finestra di configurazione possono essere configurati vari aspetti del simulatore.

La sezione “Impostazioni generali” consente di configurare il forwarding ed il numero di passi da effettuare nella modalità Cicli multipli.

La sezione “Comportamento” permette di abilitare o disabilitare gli avvisi durante la fase di parsing, l'opzione “sincronizza la GUI con la CPU nell'esecuzione multi step”, quando abilitata, sincronizzerà lo stato grafico delle finestre con lo

stato interno del simulatore. Ciò implicherà una simulazione più lenta, ma con la possibilità di avere un resoconto grafico esplicito di ciò che sta avvenendo durante la simulazione. L’opzione “intervallo tra i cicli”, qualora sia abilitata, influenzerà il numero di millisecondi che il simulatore dovrà attendere prima di cominciare un nuovo ciclo. Tali opzioni hanno effetto solo quando la simulazione è avviata utilizzando le opzioni “Completa” o “Cicli multipli” dal menu Esegui.

Le ultime due opzioni stabiliscono il comportamento del simulatore quando si verifica un’eccezione sincrona. È importante notare che se le eccezioni sincrone sono mascherate, non succederà nulla, anche se l’opzione “Termina se si verifica un’eccezione sincrona” è abilitata. Se le eccezioni non sono mascherate e tale opzione è abilitata, apparirà una finestra di dialogo, e la simulazione sarà fermata non appena tale finestra verrà chiusa.

L’ultima sezione permette di modificare i colori associati ai diversi stadi della pipeline. Abbastanza inutile, ma carino.

4.3.2 Dinero Frontend

La finestra di dialogo Dinero Frontend consente di avviare un processo DineroIV con il trace file generato internamente mediante l’esecuzione del programma. Nella prima casella di testo c’è il percorso dell’e eseguibile DineroIV, e nella seconda devono essere inseriti i parametri opportuni.

La sezione più in basso contiene l’output del processo DineroIV, dal quale è possibile prelevare i dati di cui si necessita.

4.3.3 Aiuto

La finestra di Aiuto contiene tre sezioni con qualche indicazione riguardo l’utilizzo del simulatore. La prima è una breve introduzione ad EduMIPS64, la

seconda contiene informazioni riguardanti l'interfaccia grafica e la terza contiene un riassunto delle istruzioni supportate.

4.4 Opzioni da linea di comando

Sono disponibili tre opzioni da linea di comando. Esse sono descritte di seguito, con il nome per esteso scritto tra parentesi. Nomi abbreviati e per esteso possono essere utilizzati indifferentemente.

- **-h** (**--help**) mostra un messaggio di aiuto contenente la versione del simulatore ed un breve riassunto delle opzioni da linea di comando.
- **-f** (**--file**) **filename** Apre **filename** nel simulatore.
- **-d** (**--debug**) Accede alla modalità di debugging.

L'opzione **--debug** ha l'effetto di attivare la modalità di debugging. In tale modalità è disponibile una nuova finestra, la finestra Debug, che mostra il resoconto delle attività interne di EduMIPS64. Tale finestra non è utile per l'utente finale, è stata infatti ideata per poter essere utilizzata dagli sviluppatori di EduMIPS64.

4.5 Eseguire EduMIPS64

Il file **.jar** di EduMIPS64 può funzionare sia come file **.jar** eseguibile che come applet, quindi può essere eseguito in entrambi i modi, che richiedono il Java Runtime Environment, versione 5 o successiva.

Per eseguire il file come applicazione a sè stante, l'eseguibile **java** deve essere avviato nel seguente modo: **java -jar edumips64-version.jar**, dove la stringa **version** deve essere sostituita con la versione attuale del simulatore. Su alcuni

sistemi, potrebbe essere possibile eseguire il programma semplicemente con un click sul file `.jar`.

Per eseguire il file come applet deve essere utilizzato il tag `<applet>`. Il sito web di EduMIPS64 presenta una pagina già contenente l'applet, in modo tale che chiunque possa eseguire il programma senza il problema dell'utilizzo da linea di comando.

Capitolo 5

Listati di esempio

Qui di seguito sono elencati degli esempi utili per comprendere il funzionamento delle istruzioni che accetta EduMIPS64 (versione 0.5)

5.1 SYSCALL

Per informazioni dettagliate riguardo l'utilizzo delle **SYSCALL** consultare la sezione 3.4. Di seguito si trovano degli esempi pratici per ognuna delle 6 **SYSCALL**.

È importante notare che gli esempi delle **SYSCALL** 1-4 fanno riferimento ad un file `print.s`, che è l'esempio della **SYSCALL** 5. È possibile copiare il codice del suddetto esempio in un file chiamato `print.s` ed includerlo negli altri esempi, o semplicemente copiare il codice in ciascuno degli esempi, per poterli eseguire senza bisogno di altri file.

Inoltre parte degli esempi si aspettano che esista già un file descriptor su cui operare. Se si vuole eseguire questi esempi, utilizzare l'esempio della **SYSCALL** 1 per aprire un file.

5.1.1 SYSCALL 0

La SYSCALL 0, quando invocata, termina l'esecuzione del programma. Eccone un esempio:

```
1      .code
2      daddi    r1, r0, 0      ;salva 0 nel registro R1
3      syscall 0              ;esce dal programma
```

Listing 5.1: Esempio SYSCALL 0

5.1.2 SYSCALL 1

Ecco un esempio di programma che apre un file:

```
1      .data
2  error_op:      .asciiz      "Errore durante l'apertura del file"
3  ok_message:    .asciiz      "Tutto a posto"
4  params_sys1:   .asciiz      "filename.txt"
5                .word64      0xF
6
7      .text
8  open:          daddi         r14, r0, params_sys1
9                syscall       1
10             daddi          $s0, r0, -1
11             dadd           $s2, r0, r1
12             daddi          $a0, r0, ok_message
13             bne            r1, $s0, end
14             daddi          $a0, r0, error_op
15
16  end:           jal          print_string
17             syscall 0
18
19             #include       print.s
```

Listing 5.2: Esempio SYSCALL 1

Inizialmente (righe 2, 3) si salvano in memoria (e gli si assegna un'etichetta) le stringhe relative ai messaggi di successo ed errore da passare alla funzione 'print_string', presente nel file print.s, incluso all'inizio della sezione .text.

Successivamente vengono salvati in memoria i dati richiesti dalla **SYSCALL 1** (righe 4, 5), cioè la stringa contenente il path del file da aprire (che deve esistere), e, nella locazione di memoria immediatamente successiva, un intero che ne definisce la modalità di apertura. Per maggiori informazioni sulla modalità di apertura di un file rimandiamo alla sezione 3.4.2.

In questo caso il file è stato aperto utilizzando le seguenti modalità: **O_RDWR** | **O_CREAT** | **O_APPEND**. Infatti il valore **0xF**, ossia 15 in base decimale, deriva dalla somma di queste tre modalità ($3 + 4 + 8$).

Si applica un'etichetta a questi dati per potervici accedere in seguito.

Passando alla sezione **.text**, inizialmente si salva l'indirizzo di **params_sys1** (che per il compilatore è un numero) nel registro **r14**; subito dopo si può chiamare la **SYSCALL 1** e salvare il contenuto del registro, ovvero il valore di ritorno della **SYSCALL**, in **\$s2** (in modo da poterlo riutilizzare, per esempio, con le altre **SYSCALL**).

A questo punto viene chiamata la funzione **'print_string'** facendo in modo da passargli l'indirizzo di **'error_op'** nel caso in cui **r1** sia uguale a -1 (righe 13-14). Altrimenti si chiama la stessa funzione facendo in modo di passargli l'indirizzo di **'ok_message'** (righe 12 e 16).

5.1.3 SYSCALL 2

Ecco un esempio di un programma che chiude un file:

```
1          .data
2 params_sys2:  .space 8
3 error_cl:    .asciiz  "Errore durante la chiusura del file"
4 ok_message:  .asciiz  "Tutto a posto"
5
6          .text
7 close:      daddi      r14, r0, params_sys2
8            sw         $s2, params_sys2(r0)
```

```

9          syscall      2
10         daddi        $s0, r0, -1
11         daddi        $a0, r0, ok_message
12         bne          r1, $s0, end
13         daddi        $a0, r0, error_cl
14
15 end:      jal         print_string
16          syscall      0
17
18          #include     print.s

```

Listing 5.3: Esempio SYSCALL 2

Inizialmente viene conservato in memoria dello spazio per l'unico dato richiesto dalla SYSCALL 2, cioè il file descriptor del file da chiudere (riga 2) e gli si applica un' etichetta per potervici accedere in seguito.

Successivamente si salvano in memoria (e gli si assegna un'etichetta) le stringhe relative ai messaggi di successo ed errore da passare alla funzione 'print_string'(righe 3, 4).

Passando alla sezione .text, inizialmente si salva l'indirizzo di params_sys2 (che per il compilatore è un numero) nel registro r14; subito dopo si può chiamare la SYSCALL 2.

A questo punto viene chiamata la funzione print_string (presente nel file print.s) facendo in modo da passargli l'indirizzo di 'error_cl' nel caso in cui r1 sia uguale a -1(riga 13).

Altrimenti si chiama la stessa funzione facendo in modo di passargli l'indirizzo di 'ok_message' (riga 11).

NB: Questo listato prevede che il registro \$s2 contenga il file descriptor relativo al file da utilizzare (se utilizzate questo listato copia-incollate il codice del listato 5.2 prima di questo).

5.1.4 SYSCALL 3

Ecco un esempio di programma che legge 16 byte da un file e li salva in memoria:

```
1      .data
2  params_sys3:  .space      8
3  ind_value:    .space      8
4                .word64     16
5  error_3:      .ascii      "Errore durante la lettura del file"
6  ok_message:   .ascii      "Tutto a posto"
7
8  value:        .space      30
9
10     .text
11  read:        daddi        r14, r0, params_sys3
12                sw         $s2, params_sys3(r0)
13                daddi       $s1, r0, value
14                sw         $s1, ind_value(r0)
15                syscall     3
16                daddi       $s0, r0, -1
17                daddi       $a0, r0, ok_message
18                bne        r1, $s0, end
19                daddi       $a0, r0, error_3
20
21  end:         jal         print_string
22                syscall     0
23
24                #include    print.s
```

Listing 5.4: Esempio SYSCALL 3

Inizialmente vengono salvati in memoria i dati richiesti dalla SYSCALL 3, cioè il file descriptor del file da cui leggere (riga 2), l'indirizzo di memoria in cui inserire i byte letti (riga 3), e il numero di byte da leggere (riga 4). Si applica un'etichetta a questi dati per potervi accedere in seguito.

Successivamente si salvano in memoria (e gli si assegna un'etichetta) le stringhe relative ai messaggi di successo ed errore da passare alla funzione 'print_string' (righe

5, 6). Passando alla sezione `.text`, inizialmente si salva l'indirizzo di `params_sys3` (che per il compilatore è un numero) nel registro `r14`; dopodiché salviamo nelle apposite locazioni di memoria l'indirizzo del file descriptor (che supponiamo avere nel registro `$s2`) e l'indirizzo su cui andare a salvare i byte letti, ossia l'indirizzo di `'value'`.

Subito dopo si può chiamare la **SYSCALL 3**. A questo punto viene chiamata la funzione `print_string` (presente nel file `print.s`), facendo in modo da passargli l'indirizzo di `'error_3'` nel caso in cui `r1` sia uguale a `-1` (riga 21). Altrimenti si chiama la funzione `'print_string'` passando l'indirizzo di `'_ok_message'` (riga 19).

NB: Questo listato prevede che il registro `$s2` contenga il file descriptor relativo al file da utilizzare (se utilizzate questo listato copia-incollate il codice del listato 5.2 prima di questo).

5.1.5 SYSCALL 4

Ecco un esempio di programma che scrive su un file una stringa salvata in memoria:

```

1      .data
2  params_sys4:  .space      8
3  ind_value:    .space      8
4                .word64     16
5  error_4:      .asciiz     "Errore durante la scrittura del file"
6  ok_message:   .asciiz     "Tutto a posto"
7  value:        .space      30
8
9      .text
10
11 write:        daddi        r14, r0, params_sys4
12              sw           $s2, params_sys4(r0)
13              daddi        $s1, r0, value
14              sw           $s1, ind_value(r0)
15              syscall      4
16              daddi        $s0, r0, -1

```

```

17          daddi      $a0, r0,ok_message
18          bne       r1, $s0,end
19          daddi      $a0, r0,error_4
20
21 end:      jal       print_string
22          syscall    0
23
24          #include   print.s

```

Listing 5.5: Esempio SYSCALL 4

Inizialmente vengono salvati in memoria i dati richiesti dalla **SYSCALL 4**, cioè' il file descriptor del file su cui scrivere (riga 2), l'indirizzo di memoria da cui prelevare i byte da scrivere (riga 3), e il numero di byte da scrivere (riga 4). Si applica un'etichetta a questi dati per potervici accedere in seguito.

Successivamente si salvano in memoria (e gli si assegna un'etichetta) le stringhe relative ai messaggi di successo ed errore da passare alla funzione 'print_string' (righe 5, 6).

Passando alla sezione .text, inizialmente si salva l'indirizzo di params_sys4, che per il compilatore è un numero) nel registro r14; dopodiché salviamo nelle apposite locazioni di memoria l'indirizzo del file descriptor (che supponiamo avere nel registro \$s2) e l'indirizzo da cui leggere i byte da scrivere, ossia l'indirizzo di 'value'. Subito dopo si può chiamare la **SYSCALL 4**.

A questo punto viene chiamata la funzione print_string (presente nel file print.s) facendo in modo da passargli l'indirizzo di 'error_4' nel caso in cui r1 sia uguale a -1 (riga 21). Altrimenti si chiama la funzione 'print_string' facendo in modo di passargli l'indirizzo di 'ok_message' (riga 19).

NB: Questo listato prevede che il registro \$s2 contenga il file descriptor relativo al file da utilizzare (se utilizzate questo listato copia-incollate il codice del listato 5.2 prima di questo).

5.1.6 SYSCALL 5

Ecco un esempio di un programma che contiene una funzione che stampa nello standard output la stringa contenuta nel registro \$a0:

```
1      .data
2  params_sys5:  .space 8
3
4      .text
5  print_string:
6      sw        $a0, params_sys5(r0)
7      daddi     r14, r0, params_sys5
8      syscall 5
9      jr        r31
```

Listing 5.6: Esempio SYSCALL 5

Inizialmente vengono salvati in memoria i dati richiesti dalla SYSCALL 5, cioè la stringa da stampare (riga 2) e gli si applica un'etichetta per potervici accedere in seguito.

Nel caso la stringa necessiti di inserire altri parametri in memoria (vedi 3.4.5), questi dovranno necessariamente essere inseriti nell'area di memoria immediatamente successiva a 'params_sys5', (cioè nelle righe 3, 4, etc..).

Passando alla sezione .text, essa contiene una funzione che inizialmente salva l'indirizzo di params_sys5, che per il compilatore è un numero, nel registro r14; subito dopo chiama la SYSCALL 5 che stampa nello standard output (una finestra di dialogo) la stringa desiderata. Alla fine viene restituito il controllo alla funzione chiamante.

5.1.7 Un esempio più complesso di SYSCALL 5

La SYSCALL 5 utilizza un meccanismo un po' complesso per il passaggio dei parametri, che verrà chiarito con il seguente esempio:

```

1          .data
2 format_str: .asciiiz  "%dth of %s:\n%s version %i.%i is being tested!"
3 s1:        .asciiiz  "June"
4 s2:        .asciiiz  "EduMIPS64"
5 fs_addr:   .space    4
6           .word      23
7 s1_addr:   .space    4
8 s2_addr:   .space    4
9           .word      0
10          .word      5
11 test:
12          .code
13          daddi      r5, r0, format_str
14          sw         r5, fs_addr(r0)
15          daddi      r2, r0, s1
16          daddi      r3, r0, s2
17          sd         r2, s1_addr(r0)
18          sd         r3, s2_addr(r0)
19          daddi      r14, r0, fs_addr
20          syscall    5
21          syscall    0

```

Listing 5.7: Esempio non banale di SYSCALL 5

L'indirizzo della stringa di formato viene inserito nel registro R5, il cui contenuto viene salvato in memoria all'indirizzo fs_addr. Agli indirizzi s1_addr ed s2_addr vengono salvati gli indirizzi dei parametri di tipo stringa corrispondenti ai due segnaposto %s nella stringa di formato.

Guardando la memoria, è chiaro che subito dopo l'indirizzo della stringa di formato sono presenti i parametri corrispondenti ai segnaposto: ai parametri di tipo intero corrispondono dei dati di tipo intero, mentre ai parametri di tipo stringa corrispondono invece degli indirizzi. Infatti, in queste due locazioni di memoria (s1_addr ed s2_addr) abbiamo inserito gli indirizzi delle due stringhe che vogliamo stampare su standard output in corrispondenza dei segnaposto %s.

L'esecuzione dell'esempio mostrerà come la **SYSCALL 5** sia in grado di gestire stringhe di formato complesse come quella presente all'indirizzo `format_str`.