



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Matteo Re

Dip. di Informatica

Università degli studi di Milano





Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Lezione 2: Linguaggio Assembly & System calls



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Nella lezione precedente abbiamo cercato di rispondere alla domanda :

“Perchè serve un sistema operativo?”

Siamo giunti alla conclusione che un s.o. Rende molto più conveniente l'utilizzo della macchina fisica (sia da parte dell'utente finale che da parte del programmatore).

Per riuscirci il s.o. :

- fornisce un insieme di astrazioni che **semplificano l'uso di periferiche e memoria.**
- Ripartisce opportunamente le risorse fra tutte le attività in corso.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Le principali astrazioni fornite dal sistema operativo sono:

- System call
- Memoria virtuale
- Processo
- File
- Shell



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

SYSCALL

Una **chiamata di sistema** (**syscall**) è la richiesta di un servizio al sistema operativo, che la porterà a termine in conformità alle sue *politiche*.

Per il programmatore è analoga ad una chiamata di procedura. Eeneralmente viene realizzata mediante un'interruzione software per garantire la protezione del s.o.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Un'**interruzione** (***interrupt request*** (IRQ)) è un segnale (solitamente generato da una periferica, ma non solo) che viene notificato alla CPU. La CPU, secondo le politiche programmate nel PIC, risponderà all'interruzione eseguendo il codice del *gestore dell'interruzione* (interrupt handler).

Dal punto di vista del programmatore la generazione di un'IRQ è analoga ad una chiamata di procedura ma:

- Il codice è totalmente disaccoppiato. Potenzialmente in uno spazio di indirizzamento diverso (permette le protezioni)
- Non occorre conoscere l'indirizzo della procedura
- La tempistica di esecuzione è affidata alla CPU



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

FILE

Un **file** è un insieme di byte conservati nella memoria di massa. Ad esso sono associati un **nome** ed altri attributi. Nei sistemi unix-like I file sono organizzati gerarchicamente in directory (l'equivalente dei folder in MS Windows), che non sono che altri file contenenti un elenco...

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Editor di testo

Un editor è un programma che permette di modificare arbitrariamente un *file*. Un editor di testo, generalmente, manipola file composti da caratteri stampabili.

Ne esistono moltissimi tipi:

UNIX-like o.s. : **vi**, emacs, nano, ...

MS Windows : Notepad, Textpad, ...



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Editor **vi**

Scritto da Bill Joy (cofondatore Sun), 1976, per BSD UNIX.
E' un editor **modale**, nel senso che opera in diverse modalità,
ed è quindi importante saper passare da una all'altra.

Le due modalità principali sono:

- modo **input**
- modo **comandi**

- I comandi di movimento e modifica sono sostanzialmente ortogonali
- E' un editor piccolo e veloce
- Fa parte dello standard POSIX



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Salvare un file e uscire wq

vi in una slide

- Modifica:

- i, a insert before/after
- o, O add a line
- d, c, r delete, change, replace
- y, p “to yank” and paste
- u undo . redo
- s/reg/rep/[g] search and replace

- Movimento:

- h, j, k, l (o frecce)
- 0, beginning of line, \$, end of line
- w, beginning of word, e, end of word
- (num)G, goto line num, /, search
- (,), sentence



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

SHELL

La shell è un interprete dei comandi che l'utente dà al sistema operativo. Ne esistono di grafiche e di testuali.

In ambiente GNU/Linux la più diffusa è una shell testuale **bash**, che fornisce i costrutti di base di un linguaggio di programmazione (variabili, strutture di controllo) e primitive per la gestione dei processi e dei file.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

OBIETTIVI DI OGGI:

Sappiamo rispondere alla domanda “Perchè è necessario un sistema operativo”. Sappiamo che il s.o. fornisce una serie di astrazioni che rendono più conveniente l'uso dello hardware.

Oggi ci concentriamo sulla parola “**fornisce**”...

Cosa intendiamo quando diciamo che il sistema operativo **fornisce** astrazioni? E soprattutto ... come si fa ad usufruire di queste astrazioni?



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

System calls (e altro) in Assembly



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Assembly è un linguaggio di programmazione minimale. Se vogliamo scrivere programmi utili in assembly molto spesso la via più semplice è quella di sfruttare i servizi forniti dal sistema operativo ed effettuare delle **chiamate di sistema** (system calls).

Esse sono librerie di funzioni incluse nel s.o. che semplificano task quali leggere un input dalla tastiera o scrivere qualcosa sullo schermo.

La lezione di oggi è dedicata alle chiamate di sistema.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Quando utilizziamo una chiamata di sistema il sistema operativo sospende immediatamente l'esecuzione del nostro programma, quindi contatta i driver necessari ad eseguire l'operazione richiesta.

Una volta completato il task il s.o. restituisce il controllo al programma che ha effettuato la chiamata di sistema.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Schema generale chiamata di sistema:

- 1) Caricare in **EAX** il numero identificativo di funzione per la quale richiediamo l'esecuzione da parte del s.o.
- 2) Caricare in altri registri gli argomenti della funzione. Attenzione: il numero di argomenti ed i registri in cui vanno caricati **cambia** da funzione a funzione!
- 3) Utilizzare l'istruzione **INT** per inviare una **interruzione software**. A questo punto il s.o. prende il controllo ed esegue la funzione utilizzando gli argomenti caricati nei registri.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Scelta della funzione da eseguire:

Se richiediamo una interruzione quando **EAX=1** verrà eseguita **sys_exit**

Se richiediamo una interruzione quando **EAX=4** verrà eseguita **sys_write**

I registri utilizzati per passare gli (eventuali) argomenti sono **EBX, ECX e EDX**.

Esempio di System call table (Linux) :

https://faculty.nps.edu/cseagle/assembly/sys_call.html



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

STRUTTURA SORGENTI ASSEMBLY:

Nei sorgenti assembly troviamo spesso la definizione di diverse sezioni (.data, .text, .global e .bss (per dichiarazione variabili)):

.data

Contiene dati inizializzati o costanti.

.text

Contiene il codice assembly. E' read-only (miglior protezione) il s.o. ne carica un'unica copia in memoria (risparmio memoria). Istanze diverse del programma condividono il contenuto di questa sezione.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

OTTENERE I SORGENTI DEGLI ESERCIZI:
(all'interno di QEMU)

Scrivete ed eseguite I seguenti comandi in QEMU:

`wget http://homes.di.unimi.it/re/SYSOPLAB_24_25/asm_examples.tar`

Una volta ottenuto il file `asm_examples.tar.gz` estraetene il contenuto:

`tar -xvzf asm_examples.tar.gz`



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

OTTENERE I SORGENTI DEGLI ESERCIZI:
(all'interno di QEMU)

ATTENZIONE ... PERICOLO ...

Non ho fornito i sorgenti perchè vengano utilizzati così come sono senza essere obbligati a scrivere nemmeno una riga di codice.

Li ho inclusi nel materiale della lezione come riferimento nel caso di un'assenza imprevista o nel caso in cui non siate riusciti a completare il sorgente prima del momento in cui mostro la soluzione dell'esercizio.

PER SUPERARE L'ESAME (che viene svolto in QEMU) dovete essere in grado di muovervi **velocemente** con riga di comando e editor (in particolare per la parte inerente al JOS kernel). Quindi ...

SFORZATEVI DI RIUSCIRE A COMPLETARE I SORGENTI
PROIETTATI A LEZIONE IN TEMPO PER VERIFICARNE IL
FUNZIONAMENTO INSIEME IN CLASSE



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E1

(lez. 2 esercizio 1)

Obiettivo: scrivere ciao mondo sullo schermo



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Creiamo una variable '**msg**' nella sezione .data ed assegniamo ad essa una stringa, in questo caso '**Hello, world!**'.

Nella sezione .text diremo al s.o. dove iniziare l'esecuzione inserendo una etichetta globale **_start** : essa rappresenta il punto di ingresso nell'esecuzione del programma.

Useremo **sys_write** per stampare il messaggio sullo schermo. Il codice funzione da usare è **4** in Linux. La funzione richiede 3 argomenti da caricare in **EDX**, **ECX** e **EBX** prima di richiedere l'interruzione.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Argomenti **sys_write**:

In EDX : lunghezza (in byte) della stringa.

In ECX : indirizzo della variabile creata in **.data**

In EBX : Indicatore file su cui si vuole scrivere – in questo caso **STDOUT** (che è associato allo schermo)



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

```
; Hello World
; Compilazione: nasm -f elf helloworld.asm
; Link: ld -m elf_i386 helloworld.o -o helloworld
; Run: ./helloworld
```

helloworld.asm

NB: solo se
siamo in un
sistema 64 bit

```
SECTION .data
```

```
msg db 'Hello World!', 0Ah ; assign msg variable with your message  
string
```

```
SECTION .text
```

```
global _start
```

```
_start:
```

```
    mov     edx, 13 ; number of bytes to write – string len and 0Ah
    mov     ecx, msg ; move the memory address of our message string into ecx
    mov     ebx, 1 ; write to the STDOUT file
    mov     eax, 4 ; invoke SYS_WRITE (kernel opcode 4)
    int     80h
```




Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E2
(lez. 2 esercizio 2)

Obiettivo: scrivere 'Hello World!' sullo schermo ... senza provocare un errore di segmentazione



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Abbiamo visto l'utilizzo di `sys_write`. Ora cercheremo di utilizzare una delle più importanti tra le chiamate di sistema: **`sys_exit`**.

Come mai, dopo aver eseguito il programma dell'esercizio precedente ottenevamo un errore di segmentazione?

I programmi eseguibili su un calcolatore possono essere immaginati come una lunga serie di istruzioni caricate in memoria e divise in sezioni (segmenti). La 'memoria', intesa genericamente, è condivisa da tutti i programmi e può essere utilizzata per lo storage di variabili, istruzioni ... altri programmi.

Ogni porzione di memoria ha il suo indirizzo in modo che le informazioni possano essere ritrovate nel momento in cui si rendono necessarie.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Per eseguire un programma caricato in memoria utilizziamo l'etichetta globale `_start`: diciamo al s.o. La posizione, in memoria, in cui il programma può essere trovato ed eseguito.

Viene quindi effettuato un accesso alla memoria e questa viene letta in modo sequenziale seguendo la logica del programma (che determina l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire).

Il s.o. salta all'indirizzo di “inizio esecuzione” del programma e procede da lì.

PROBLEMA: E' importante dire al s.o. non solo dove inizia il programma ... ma anche dove finisce! Nell'esempio precedente **non** l'abbiamo fatto. Quindi, arrivato alla fine della regione di memoria in cui il programma è contenuto il s.o. è andato avanti e ha “sconfinato” in qualcos'altro (non sappiamo cosa). Il s.o. se ne è accorto e ha sollevato un'a eccezione.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

La chiamata di sistema che serve a specificare la fine (conclusione) di un programma è **sys_exit**.

La sua definizione è semplice. In Linux il suo codice numerico è **1** e ha un solo argomento da caricare in EBX.

Per richiedere l'esecuzione di questa funzione dobbiamo:

In EBX : caricare il valore **0** ('zero errors')

In EAX : caricare il codice numerico di **sys_exit**, **1**

Richiedere una interruzione (INT 80h).



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

```
SECTION .data
msg     db     'Hello World!', 0Ah
```

```
SECTION .text
global _start
```

```
_start:
```

```
    mov     edx, 13
    mov     ecx, msg
    mov     ebx, 1
    mov     eax, 4
    int     80h
```

```
    mov     ebx, 0      ; return 0 status on exit - 'No Errors'
    mov     eax, 1      ; invoke SYS_EXIT
    int     80h
```

helloworld.asm

NB: una
interruzione per
ogni syscall



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E3

(lez. 2 esercizio 3)

Obiettivo: scrivere un programma in cui sia coinvolto il calcolo della lunghezza di una stringa. Utilizzo di label.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Perchè dovrebbe essere utile calcolare la lunghezza di una stringa (rispetto all'uso delle chiamate di sistema)?

sys_write richiede un puntatore all'indirizzo di memoria in cui risiede la stringa da scrivere e la lunghezza (in byte) del messaggio che vogliamo scrivere. Se modifichiamo la stringa dovremo aggiornare il numero dei byte da scrivere passato come argomento a **sys_write**, altrimenti questa non potrà comportarsi in modo corretto.

Esperimento: modificare il sorgente L2 E2 cambiando il contenuto della stringa in `msg` da 'Hello world!' a 'Hello solab2 world!'. Cosa stampa?

Avere un modo per calcolare la lunghezza di una stringa non è solo utile in generale ... in alcuni casi è indispensabile (ad esempio se vogliamo stampare un input fornito dall'utente.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Per calcolare la lunghezza di una generica stringa utilizzeremo una tecnica basata sull'**aritmetica dei puntatori**.

Il piano è questo:

- 1) 2 registri vengono inizializzati per puntare all'indirizzo in memoria in cui inizia la stessa stringa
- 2) Il contenuto di uno solo dei due registri (in questo caso **EAX**) sarà incrementato di un byte **fino al raggiungimento della fine della stringa**.
- 3) Sottrarre dal valore in EAX (indirizzo fine stringa) il valore contenuto nel secondo registro (indirizzo inizio stringa)
- 4) Questo equivale, effettivamente, a effettuare una sottrazione tra due array. Il risultato è il numero di elementi compresi tra i due indirizzi.
- 5) Il valore calcolato è passato come argomento a `sys_write`



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

Capire quando la stringa finisce

NB:

c.f.r. Solab2 slide LEZ1 per maggiori info su **EFLAGS** (che contiene ZF)

L'istruzione Assembly **CMP** confronta i suoi argomenti e imposta alcuni flag che possono essere utilizzati in operazioni di controllo di flusso unitamente ad istruzioni che realizzano dei salti (jump) condizionali.

Il flag di cui testeremo il contenuto si chiama **ZF** o Zero Flag. Quando il bite presente in memoria all'indirizzo contenuto in EAX contiene 0 (carattere di fine stringa) ZF viene impostato da CMP a 1. Useremo quindi l'istruzione **JZ** (**Jump if Zero**) per saltare (quando ZF contiene 1) ad un punto nel nostro programma identificato da un'etichetta: '**finished**'. Questo ci permetterà di uscire dal ciclo che incrementa il valore di EAX fino a portarlo all'indirizzo in cui finisce la stringa in msg (ciclo **nextchar**).



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

SECTION .data

msg db 'Hello, solab2 world!', 0Ah ;

helloworld-len.asm 1/2

SECTION .text

global _start

_start:

mov ebx, msg ; move the address of our message string into EBX

mov eax, ebx ; move the address in EBX into EAX

nextchar:

cmp byte [eax], 0 ; compare the byte pointed to by EAX at this address against zero

jz finished ; jump if ZF to the point in the code labeled 'finished'

inc eax ; increment the address in EAX by one byte

jmp nextchar ; jump to the point in the code labeled 'nextchar'

finished:

sub eax, ebx ; subtract the address in EBX from the address in EAX (result stored in EAX)



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

helloworld-len.asm 2/2

```
mov    edx, eax    ; EAX now equals the number of bytes in our string
mov    ecx, msg    ; standard sys_write call
mov    ebx, 1
mov    eax, 4
int    80h
```

```
mov    ebx, 0      ; sys_exit call
mov    eax, 1
int    80h
```



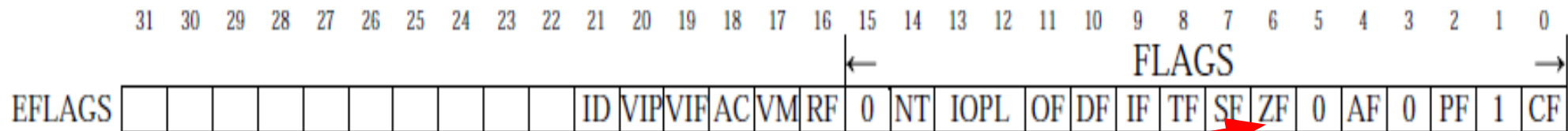
Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

MACCHINA i386 : register set

Flags



Bit	Flag	Description
0	CF	Carry Flag Carry from most significant bit, also borrow for most significant bit; can be considered as overflow in unsigned instructions.
2	PF	Parity Flag Set to 1 if 8 less significant bits of result have even number of 1's, else set to 0.
4	AF	Auxiliary carry Flag Used as carry flag in BCD instructions.
6	ZF	Zero Flag Set to 1 if result is zero, else set to 0.
7	SF	Sign Flag Set to 1 if result is negative (below zero), else set to 0.
8	TF	Trap Flag Used by debuggers.
9	IF	Interrupt Flag If set to 1, then interrupts are enabled, else are disabled.
10	DF	Direction Flag When set to 0, string instructions increment the index registers, else – decrement the index registers.
11	OF	Overflow Flag Used in signed instructions.
12,13	IOPL	I/O Privilege Level Indicates the I/O privilege level of the currently running program or task.
14	NT	Nested Task Controls the chaining of interrupt and called tasks.
16	RF	Resume Flag Controls the processor's response to instruction-breakpoint conditions.
17	VM	Virtual 8086 Mode Set to enable virtual-8086 mode; clear to return to protected mode.
18	AC	Alignment check Set this flag and the AM flag in control register CR0 to enable alignment checking of memory references.
19	VIF	Virtual Interrupt Flag Contains a virtual image of the IF flag.
20	VIP	Virtual Interrupt Pending Set by software to indicate that an interrupt is pending.
21	ID	Identification The ability of a program or procedure to set or clear this flag indicates support for the CPUID instruction.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E4

(lez. 2 esercizio 4)

Obiettivo: riutilizzo del codice ... subroutines



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

Una buona pratica di programmazione (riguardante anche altri linguaggi oltre ad Assembly) è il riutilizzo del codice.

In questo esempio vedremo come utilizzare le subroutine in Assembly. Esse vengono indicate tramite etichette ma **NON SI ESEGUONO MEDIANTE istruzioni della famiglia JMP**.

In questo esempio vedremo come dichiarare le subroutine e come “chiamarle”. Se seguiremo alcune convenzioni Assembly

- 1) Prima di eseguire una subroutine memorizzerà l'indirizzo a cui ci troviamo al momento della chiamata
- 2) Eseguirà la subroutine
- 3) Ritournerà al punto in cui era stata chiamata la subroutine ... e da lì continuerà l'esecuzione

Per riuscirci utilizzerà lo **STACK**



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

A proposito dello **STACK**

Lo stack è un tipo speciale di memoria. Dal punto di vista fisico è lo stesso tipo di memoria di quella che abbiamo usato fin qui ... ma quello che cambia è il modo in cui viene utilizzata.

Lo stack è una struttura LIFO (last in first out). Funziona come una pila di piatti ... l'ultimo piatto ad essere aggiunto sarà il primo ad essere prelevato.

In Assembly lo stack può contenere variabili, indirizzi di altri programmi e, in generale, dati per i quali è necessario uno storage temporaneo. In particolare, quando usiamo le subroutine, lo stack può essere usato per immagazzinare temporaneamente valori da ripristinare (nella loro posizione originale, ad es. un dato registro) quando l'esecuzione della subroutine sarà completata.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

Aggiungere / prelevare valori dallo stack : PUSH / POP

Il valore di ogni registro che sarà utilizzato dalla subroutine che vogliamo chiamare dovrebbe essere messo nello stack utilizzando l'istruzione **PUSH**.

In questo modo, una volta che l'esecuzione della subroutine è terminata questi valori potranno essere ripristinati mediante l'utilizzo dell'istruzione **POP**.

L'effetto finale è che, se usiamo opportunamente PUSH/POP il valore presente nel registro sarà **LO STESSO** prima e dopo la chiamata della subroutine ... indipendentemente da quello che fa la subroutine stessa. In definitiva possiamo evitare di preoccuparci di quello che fa la subroutine con i registri ... perchè questi saranno ripristinati dopo la sua esecuzione!



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

Chiamata di subroutine (e ritorno da essa)

Abbiamo detto che **le subroutine sono definite tramite etichette**. Verrebbe quindi la tentazione di saltare ad esse utilizzando una funzione di salto (magari un salto incondizionato, istruzione JMP). Ma, di solito, questo non si fa.

Si utilizzano, invece, le funzioni **CALL** e **RET** per, rispettivamente, chiamare e ritornare da una subroutine. Come mai?

CALL e RET utilizzano, in modo del tutto automatico, lo stack. Quando usiamo **CALL** l'indirizzo del punto in cui viene effettuata la chiamata viene messo sullo stack. Quando l'esecuzione della routine è terminata se usiamo **RET** l'indirizzo sullo stack viene prelevato e il programma ritorna al punto immediatamente successivo alla chiamata. Questo è il motivo per cui non si dovrebbe mai “saltare” ad una subroutine ma utilizzare CALL/RET.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

SECTION .data

msg db 'Hello, solab2 world!', 0Ah

helloworld-len-sub.asm 1/2

SECTION .text

global _start

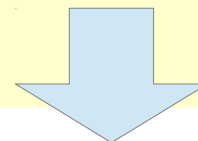
_start:

mov eax, msg ; move the address of our message string into EAX
call strlen ; call our function to calculate the length of the string

mov edx, eax ; our function leaves the result in EAX
mov ecx, msg ; this is all the same as before
mov ebx, 1
mov eax, 4
int 80h

mov ebx, 0
mov eax, 1
int 80h

**Aggiungeremo di seguito il
codice della subroutine**

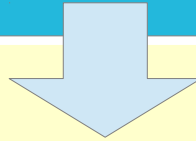




Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2



helloworld-len-sub.asm 2/2

strlen: **; this is our first function declaration**

push ebx ; push the value in EBX onto the stack to preserve it while we use EBX in this function
mov ebx, eax ; move the address in EAX into EBX (Both point to the same segment in memory)

nextchar: **; this is the same as L2 E3 (this is a normal label)**

cmp byte [eax], 0
jz finished
inc eax
jmp nextchar

finished: **; this is the same as L2 E3 (this is a normal label)**

sub eax, ebx
pop ebx ; pop the value on the stack back into EBX
ret ; return to where the function was called



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E5

(lez. 2 esercizio 5)

Obiettivo: Il codice degli esempi sta diventando troppo lungo per essere inserito in un'unica slide ... mettiamo tutte le funzioni in un file esterno e vediamo come includere questo file in un sorgente Assembly.

NB:Le prossime slide sono dedicate, ognuna, ad una funzione. Scrivetele tutte in un file di nome **functions.asm**



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

da scrivere in functions.asm

```
; -----  
; int slen(String message)  
; String length calculation function  
slen:  
    push    ebx  
    mov     ebx, eax  
  
nextchar:  
    cmp     byte [eax], 0  
    jz      finished  
    inc     eax  
    jmp     nextchar  
  
finished:  
    sub     eax, ebx  
    pop     ebx  
    ret
```



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

; void sprint(String message);String printing function

sprint:

da scrivere in functions.asm

```
push    edx
push    ecx
push    ebx
push    eax
call    slen
```

```
mov     edx, eax
pop     eax
```

```
mov     ecx, eax
mov     ebx, 1
mov     eax, 4
int     80h
```

```
pop     ebx
pop     ecx
pop     edx
ret
```



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

da scrivere in functions.asm

```
;-----  
; void exit()  
; Exit program and restore resources  
quit:  
    mov     ebx, 0  
    mov     eax, 1  
    int     80h  
    ret
```



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Ora vediamo come includere il file `functions.asm` in un secondo file di nome `helloworld-inc.asm`

NB:

Nei prossimi esempi **NON mostrerò più il codice contenuto in `functions.asm`** (esso verrà semplicemente incluso) se non nel caso in cui sia necessario apportare delle modifiche ad esso (in particolare ad alcune funzioni). In questo caso segnalerò i cambiamenti necessari e mostrerò il codice come dovrà essere **dopo** la modifica.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

helloworld-inc.asm

%include 'functions.asm' ; include our external file

SECTION .data

msg1 db 'Hello, solab2 world!', 0Ah ; our first message string
msg2 db 'This is how we recycle in NASM.', 0Ah ; our second message string

SECTION .text

global _start

_start:

mov eax, msg1 ; move the address of our first message string into EAX
call sprint ; call our string printing function

mov eax, msg2 ; move the address of our second message string into EAX
call sprint ; call our string printing function

call quit ; call our quit function



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Assembliamo, linkiamo e proviamo ad eseguire.

... Notate qualcosa di strano?

Cosa scrive il programma sullo schermo?

E' quello che vi aspettereste? (motivate la risposta)



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E6

(lez. 2 esercizio 6)

Obiettivo: Capire cosa è andato storto in esercizio 5. E' più semplice di quello che sembra ma ci fornisce un'ulteriore occasione per capire come funziona Assembly...

byte di terminazione nulli



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Come mai, in L2 E5, la seconda stringa è stata stampata 2 volte? In realtà sprint (la funzione di stampa) è stata chiamata solo 2 volte e non 3...

L'output di E5 dovrebbe essere il seguente:

Hello, solab2 world!

This is how we recycle in NASM.

Esperimento:

Provate a commentare la seconda chiamata a sprint. Assemble, linkate e provate ad eseguire. Come cambia l'output? Quali sono le vostre conclusioni a riguardo?



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Questo comportamento è dovuto al fatto che in L2 E5 non abbiamo terminato in modo appropriato le stringhe.

In Assembly le variabili sono immagazzinate in memoria una dopo l'altra in modo sequenziale e quindi l'ultimo byte di una variabile (ad es. msg1) è immediatamente prima del primo di quella successiva (ad es. msg2).

Sappiamo che la nostra funzione che calcola la lunghezza delle stringhe **cerca la prima occorrenza di un byte a valore 0 per capire quando la stringa è finita**. E se non lo trova cosa fa?

Va avanti ... e considera msg2 come parte di msg1.

Soluzione: terminare ogni stringa con un byte a valore 0. Modifichiamo il sorgente di L2 E5 come segue ...



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

helloworld-inc.asm

```
%include 'functions.asm' ; include our external file
```

```
SECTION .data
```

```
msg1 db 'Hello, solab2 world!', 0Ah, 0h ; our first message string  
msg2 db 'This is how we recycle in NASM.', 0Ah, 0h ; our second message string
```

```
SECTION .text
```

```
global _start
```

```
_start:
```

```
mov eax, msg1 ; move the address of our first message string into EAX  
call sprint ; call our string printing function
```

```
mov eax, msg2 ; move the address of our second message string into EAX  
call sprint ; call our string printing function
```

```
call quit ; call our quit function
```

byte di terminazione nulli



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E7

(lez. 2 esercizio 7)

Obiettivo: Includere una funzione di libreria. Cercheremo di utilizzare una funzione esterna proveniente dalla libreria standard del C. La funzione che vogliamo usare è **printf** (come è possibile intuire serve a stampare qualcosa). Inoltre cercheremo di capire se ci sono differenze rispetto ad un programma che utilizza solo codice Assembly scritto da noi o chiamate di sistema. Utilizzeremo il debugger GDB.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

```
segment .text
global main
extern printf
```

```
main:
    push msg
    call printf          ; chiamata di libreria
```

```
    mov ecx, msg        ; stringa
    mov edx, msg_size    ; dimensione stringa
    mov ebx, 1           ; file descriptor (stdout)
    mov eax, 4           ; syscall 4 (write)
    int 0x80
```

```
    mov eax, 1           ; syscall 1 (exit)
    int 0x80
```

```
segment .rodata
msg db 'Ciao solabbisti!',10,0
msg_size equ $ - msg
```

syscall.asm

Stampa mediante
funzione printf

stampa mediante
sys_write

Calcolo automatico
lunghezza stringa in msg



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Per assemblare:

nasm -f elf **-gstabs** syscallext.asm

Questa è una i maiuscola

Questa è una elle minuscola

Link (2 opzioni) :

In sistemi 32 bit (e in **solab-live**)

ld -l /lib/ld-linux.so.2 -lc -e main -o syscallext syscallext.o

In sistemi 64 bit (in cui abbiamo assemblato usando -l elf)

ld **-m elf_i386** -l /lib/i386-linux-gnu/ld-linux.so.2 -lc -e main -o syscallext syscallext.o

NB: richiede installazione di package gcc-multilib



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

Eseguire un programma nel debugger GDB:

```
$ gdb syscallext
```

```
(gdb) break main
```

```
(gdb) run
```

Esaminiamo il contenuto della memoria in corrispondenza del simbolo main (mostrando le istruzioni) :

```
(gdb) x/10i main
```

Cosa notate? Che istruzione c'è prima del nome della funzione printf (posto di lato ad un indirizzo di memoria) ?

Il simbolo printf è definito. Provate a scrivere

```
(gdb) disas printf
```

Osservazioni?



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

L2 E8

(lez. 2 esercizio 8)

Obiettivo: Chiedere all'utente di inserire un valore (in questo esempio una stringa di testo) ed utilizzare il valore per fare qualcosa (in questo caso stampare un messaggio sullo schermo)



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

```
%include 'functions.asm'
```

helloworld-input.asm 1/2

```
SECTION .data
```

```
msg1      db  'Please enter your name: ', 0h    ; message string asking user for input
```

```
msg2      db  'Hello, ', 0h                    ; message string to use after user has entered his/her name
```

```
SECTION .bss
```

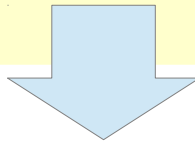
```
sinput:   resb  255                            ; reserve a 255 byte space in memory for the users input string
```

```
SECTION .text
```

```
global _start
```

```
_start:
```

continua nella slide
successiva ...





Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

2

helloworld-input.asm 1/2

```
mov    eax, msg1
call   sprint
```

```
mov    edx, 255      ; number of bytes to read
mov    ecx, sinput   ; reserved space to store our input (buffer)
mov    ebx, 0        ; write to the STDIN file
mov    eax, 3        ; invoke SYS_READ (kernel opcode 3)
int    80h
```

```
mov    eax, msg2
call   sprint
```

```
mov    eax, sinput   ; move our buffer into eax (Note: input contains a linefeed)
call   sprint        ; call our print function
```

```
call   quit
```