



## L'ISA x86



Prof. Alberto Borghese  
Dipartimento di Scienze dell'Informazione  
[alberto.borghese@unimi.it](mailto:alberto.borghese@unimi.it)

Università degli Studi di Milano

Patterson, sezione 2.17



## Sommario



### Le architetture Intel

I registri ed il loro utilizzo

L'ISA degli Intel

La codifica delle istruzioni



## Le prime architetture Intel



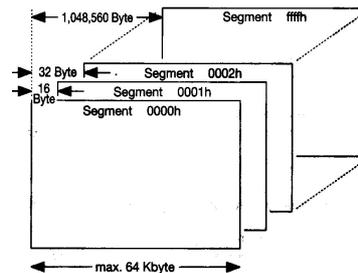
- **1978 – 8086**
  - Estensione del micro-processore 8080 utilizzato per applicazioni industriali. Stessa ISA. Architettura a 16 bit con registri a 16 bit. Parte dei registri è dedicata a compiti specifici, non è un'architettura con registri general-purpose.
- **1980 – 8087**
  - Coprocessore matematico. Dedicato a velocizzare le operazioni in virgola mobile. Modifica nel modo di gestire gli operandi. Questi potevano essere **presi dallo stack (virgola mobile sempre)** oppure, uno di loro, dai registri.
  - Estensione degli operandi a 10 byte (80bit), *Extended Double Precision*.
    - E' il compilatore a potere dichiarare variabili su 10byte (Extended Double).
  - Ciclo di esecuzione di un'operazione aritmetica:
    - Push <operando\_1> in stack (esteso a 10byte); Push <operando\_2> in stack (esteso a 10byte).
    - Operazione.
    - Pop <risultato> da stack
- Limite nello spazio di indirizzamento: 1 Mbyte ( $2^{20}$ ).
  - Indirizzamento operato come: **Base shl 4 + Offset**
- Gestione di memoria ed I/O tramite 3 segnali di controllo: **RD, WR, IO/MEM**



## Indirizzamento in modalità reale



Interleaving dei segmenti:  
Spazio di indirizzamento di 1Mbyte  
suddiviso in segmenti di 64kbyte



- Modalità **reale**
  - **Indirizzo = 16 \* Segmento + Offset**
  - In tal modo posso indirizzare 64KB x 16 = 1 MByte di MP
  - Modalità **Virtual 8086**: Indirizzo e offset sono separati.
    - CS = 0x80B8, IP = 0x019D
    - indirizzo istruz. successiva:
$$\begin{array}{r} 0x\ 80B8\ 0 + \\ \quad\quad 019\ D = \\ \hline 0x\ 80D1\ D \end{array}$$



## Le architetture Intel avanzate



- **1982 – 80286:** L'architettura diventa a 24 bit. Viene utilizzata una modalità di utilizzo protetta che consente di mappare le pagine di memoria in indirizzi privati. Aggiunta di istruzioni specifiche.
- **1985 – 80386:** Estensione a 32 bit. Architettura, spazio di indirizzamento e registri a 32 bit. Nuove istruzioni, molto vicino ad un calcolatore con general-purpose registers. Pre-fetching. Paginazione della RAM.
- **1989-1992 – 80486:** Istruzioni per la gestione delle architetture multi-processore e per il trasferimento di dati condizionato. Cache. Pipe-line singola. Microprogrammazione per l'Unità di controllo (FSM).
- **1992-1995 – Pentium, PentiumPro:** Pipe-line multiple (super-scalare). Doppia CPU. Cache primaria e secondaria (separata, con bus dedicato). Introduzione dell'esecuzione condizionata. ISA quasi identico. Ampia ristrutturazione interna.
- **1997 – Pentium II:** Memorie cache a doppio accesso per ciclo di clock. Cache dei registri di segmento. PentiumPro + MMX (Multi-media extension, SIMD su dati piccoli: byte).
- **1999 – Pentium III:** "Internet Streaming single instruction multiple data extensions (SSE). Estensione dell'architettura MMX ad istruzioni floating-point. L2 cache e CPU nello stesso integrato. 8 registri da 128 bit per supporto ad esecuzione parallela (multiple-issue).



## Le architetture più recenti



- **2001 – Pentium 4:** Estensione del parallelismo e della Superscalarità. *Hyper-Threading Technology*. SSE2. I registri a 128 bit supportano anche virgola mobile in doppia precisione. Register renaming e gestione separate delle code di esecuzione. Massimizzazione delle prestazioni.
- **2003 – AMD:** Architettura a 64 bit. Aumento dello spazio di indirizzamento a 64 bit e registri a 64 bit. 16 registri GP + 16 registri a 128 bit.
- **2004 – EM64T:** (Extended Memory 64 Technology). SSE3 che supporta numeri complessi e strutture. Operazione atomica su blocchi di memoria di 128 bit.
- **2006 – Virtual machines support:** SSE4 con operazioni quali somma di differenze in modulo, conteggio elementi, .... Supporto alle macchine virtuali.
- **2007 – AMD.** Istruzioni su 3 operandi.
- **2007 – Intel.** Advanced Vector Extension. Registri da 128 a 256 bit.
- **2011 – AVE.** Registri SSE fino 256 bit, con modalità di esecuzione vettoriale.

### Trend:

«Fuse add and multiply»

Esecuzione vettoriale

“This checkered ancestry has led to an architecture that is difficult to explain and impossible to love” [Patterson Hennessy.



## Architettura x86



- CISC
  - Lunghezza istruzioni: 1 – 15 bytes
  - Operazioni direttamente in memoria
- Architettura condizionata dalla storia → necessità di compatibilità verso il basso
  - Real mode/Protected mode/Virtual 8086 Mode
- Nasce come architettura “not” general-purpose register
  - ogni registro è progettato per un uso specifico
  - dal 80386 in poi (IA-32) si definiscono 8 GP registers, ma non veri GP registers come in MIPS



## Modi di funzionamento IA-32



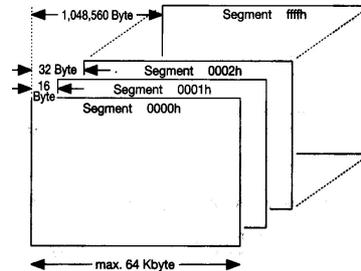
- **Modalità reale (Real mode)**
  - Modalità compatibile DOS
  - Max memoria indirizzabile: 1 MByte →  $2^{20}$
  - modo attivo all'accensione (power-on)
- **Modalità protetta (Protected mode)**
  - modalità “nativa” di IA-32
  - Memoria indirizzabile: 4 GByte →  $2^{32}$
  - Memoria protetta: evita corruzione memoria da parte di altri programmi
  - Memoria virtuale: permette ad un programma di disporre di più memoria di quella fisica disponibile
- **Modalità “8086 virtuale” (Virtual-8086 mode)**
  - “Real mode” simulato all’interno del “Protected Mode”
  - Esecuzione di programmi DOS in multitasking con altri programmi che girano in Protected Mode.



## Indirizzamento in modalità reale



Interleaving dei segmenti:  
Spazio di indirizzamento di 1Mbyte  
suddiviso in segmenti di 64kbyte



- Modalità **reale**
  - Indirizzo =  $16 * \text{Segmento} + \text{Offset}$
  - In tal modo posso indirizzare  $64\text{KB} \times 16 = 1 \text{ MByte}$  di MP
  - Modalità **Virtual 8086**: Indirizzo e offset sono separati.
    - CS = 0x80B8, IP = 0x019D
    - indirizzo istruz. successiva:

$$\begin{array}{r} 0x\ 80B8\ 0 + \\ \quad \quad 019\ D = \\ \hline 0x\ 80D1\ D \end{array}$$



## Indirizzamento in modalità protetta



- Modalità **protetta**
  - Spazio di indirizzamento: 32 bit
  - I segmenti sono di 64Kbyte e non più di 16 byte.
    - SALTO: indirizzo = composizione registri CS e IP
  - Esempio:
    - CS = 0x80B8, IP = 0x019D
    - indirizzo istruz. Successiva mediante pipe dei due registri:  
**0x 80B8 || 019D**



## 64 bits architectures



Operating mode	Operating sub-mode	Operating system required	Type of code being run	Default address size	Default operand size	Supported typical operand sizes	Register file	Typical GPR width
Long mode	64-bit mode	64-bit operating system or boot-loader	64-bit code	64 bits	32 bits	8, 16, 32, or 64 bits	16 registers per file	64 bits
	Compatibility mode	64-bit operating system or boot-loader	32-bit protected mode code	32 bits	32 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	32 bits
		64-bit operating system or boot-loader	16-bit protected mode code	16 bits	16 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	32 bits
Legacy mode	Protected mode	32-bit operating system or boot-loader, or 64-bit boot-loader	32-bit protected mode code	32 bits	32 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	32 bits
		16-bit or 32-bit operating system or boot-loader, or 64-bit boot-loader	16-bit protected mode code	16 bits	16 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	16 or 32 bits
	Virtual 8086 mode	16-bit or 32-bit operating system	16-bit real mode code	16 bits	16 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	16 or 32 bits
	Real mode	16-bit or 32-bit operating system or boot-loader, or 64-bit boot-loader	16-bit real mode code	16 bits	16 bits	8, 16, or 32 bits	8 registers per file	16 or 32 bits

*From wikipedia*



## Sommario



Le architetture Intel

I registri ed il loro utilizzo

L'ISA degli Intel

La codifica delle istruzioni



## I registri dell'architettura 80286



AH	AL
BH	BL
CH	CL
DH	DL
SI	
DI	
BP	

Segment Register	
CS	
SS	
DS	
ES	
FS	
GS	

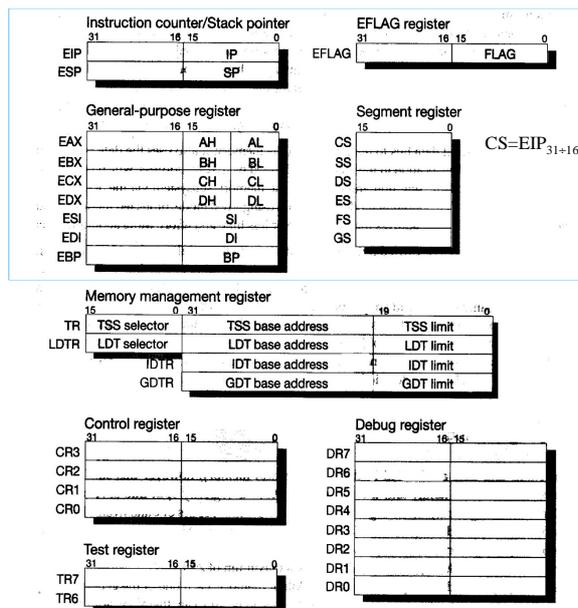
IP
SP



## I registri dell'architettura IA-32



- Estensione del set dei registri dell'80286.
- Così a partire dal 80386 (IA-32)
- 8 registri "general-purpose" a 32 bit (general purpose + ESP).
  - ma si deve potere accedere ad 1 o 2 byte al loro interno (compatibilità con 8086)
  - non sono poi così "general purpose"...
- I registri di segmento sono rimasti a 16 bit
  - usati come registri base
  - Possono essere utilizzati in alternativa ai registri estesi (e.g. DS <-> EBX).





## Registri di Segmento (di memoria)



Nome	Descrizione	Utilizzo
<b>CS    IP (EIP)</b>	<b>Code Segment</b>	Puntatore al segmento di codice. Contiene l'indirizzo base dei (dati) ed istruzioni ad accesso immediato. Le istruzioni del segmento sono indirizzate tramite il registro <b>EIP</b> (Extended Instruction Pointer). Per modificare il registro <b>CS</b> occorre una <i>chiamata a procedura far o una far jump</i> oppure un interrupt ( <i>int</i> ). In modo protetto viene verificato se il nuovo segmento può essere utilizzato dal task.
<b>DS (EBX)</b>	<b>Data Segment</b>	Puntatore al segmento dati. Contiene l'indirizzo base del segmento dati del programma. Molte istruzioni quali la <b>mov</b> utilizzano questo segmento. E' il segmento in cui sono contenuti i dati di un task.
<b>SS    SP (ESP)</b>	<b>Stack Segment</b>	Puntatore al segmento di stack. Quasi del tutto simile allo stack del MIPS. Cresce verso il basso. Contiene i dati locali delle procedure e gli argomenti di chiamata. Contiene anche gli operandi per le operazioni aritmetiche di tipo accumulatore.
<b>ES, FS, GS</b>	<b>Extra Segments</b>	Puntatori aggiuntivi al segmento dati. Principalmente utilizzati per operazioni su stringhe. Possono essere utilizzati in sostituzione di DS per accedere a dati al di fuori di DS. Il DOS ed il BIOS utilizzano spesso ES come buffer per le loro chiamate.

Si sovrappongono ai registri a 32 bit (e.g. SS → [BP, SS] = EBP)

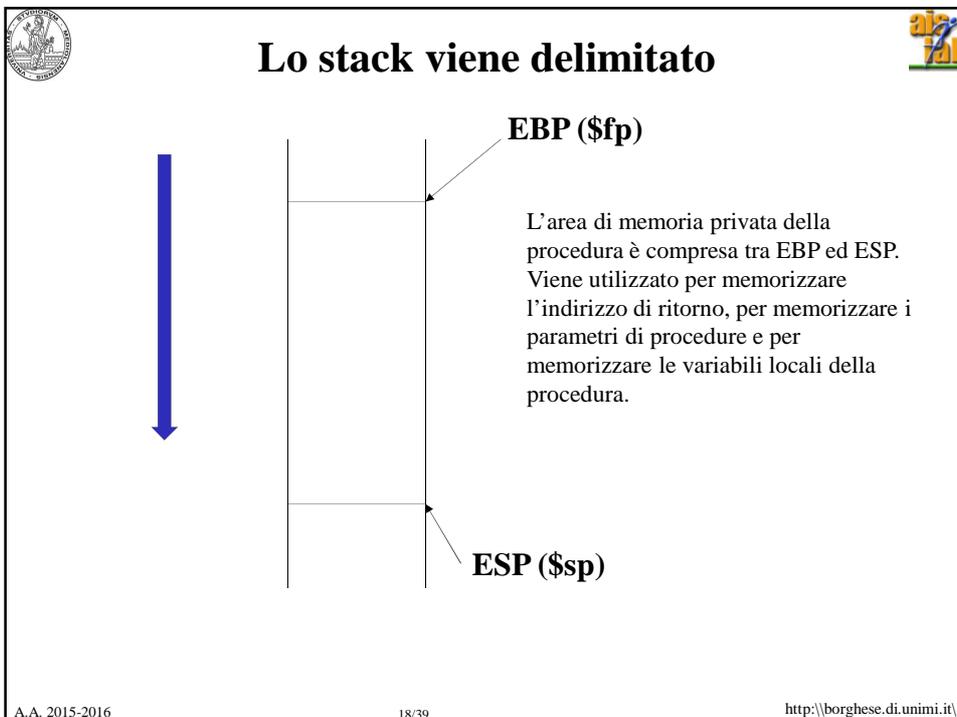


## Utilizzo dei registri IA-32



- **General Purpose Registers**
  - **General Data Registers**
    - **EAX**: accumulatore (ottimizzato per op. aritmetico-logiche)
    - **EBX**: base register (registro base nel segmento dati, indirizzo corrente, \$gp)
    - **ECX**: counter (ottimizzato per i loops)
    - **EDX**: data register (contiene i dati)
  - **General Address Registers**
    - **EBP**: stack base pointer (base address dello stack, \$fp)
    - **ESI**: source index (ottimizzato per op. su stringhe)
    - **EDI**: destination index (ottimizzato per op. su stringhe)
- **Program counter e stack pointer**
  - **EIP**: extended instruction pointer (EIP = Program Counter = SS || IP)
  - **ESP**: stack pointer (\$sp) (SS || SP)
- **Floating-point Stack registers**
  - ST(0) – ST(7): 80 bit, accessibili come LIFO (stack)
- **Debug registers**
  - DR(0) – DR(7): 32 bit, debugging
- **SIMD Registers**
  - MMX, SSE (SSE1, SSE2, SSE3, SSE4, SSE5)

Nome simbolico			Nome descrittivo	Funzioni
32 bit	16 bit	8 bit		
EAX	AX	AH, AL	Accumulator	Moltiplicazione/Divisione, I/O, shift veloce
<code>out 70h, al</code> ; Il contenuto di al viene trasferito alla porta 70h. <code>sb \$al, offset(\$k1)</code> ; In MIPS, accesso memoria > 2Gbyte				
EBX	BX	BH, BL	Base Register	Puntatore all'indirizzo base segmento dati
<code>mov edx, [ebx]</code> ;trasferisci quanto presente all'indirizzo 0(\$ebx) in edx <code>lw \$s0, 8000(\$gp)</code>				
ECX	CX	CH, CL	Count Register	Indice di conteggio per cicli, rotazioni e shift
<code>move ecx, 10h</code> ; load ecx con 10h (=16), valore di inizio conteggio (associato a "loop") <code>start: out 70h, al</code> ; Il contenuto di al viene trasferito alla porta 70h. <code>loop start</code> ; ritorna ad inizio ciclo, il quale verrà ripetuto 16 volte (fino a che ecx = 0)				
EDX	DX	DH, DL	Data Register	Moltiplicazione/Divisione, I/O
<code>mul edx</code> ; moltiplica edx con eax (implicito), il risultato è contenuto nella coppia edx:eax (hi:lo). ; in MIPS mult \$t1, \$t2				





## Registri di stack

Nome simbolico			Nome descrittivo	Funzioni
32 bit	16 bit	8 bit		
ESP	SP	x,x	Stack Pointer	Stack Pointer
EBP	BP,SS	x, x	Base Pointer	Indirizzo base del segmento di Stack (32 bit)

### Architettura ad accumulatore

```

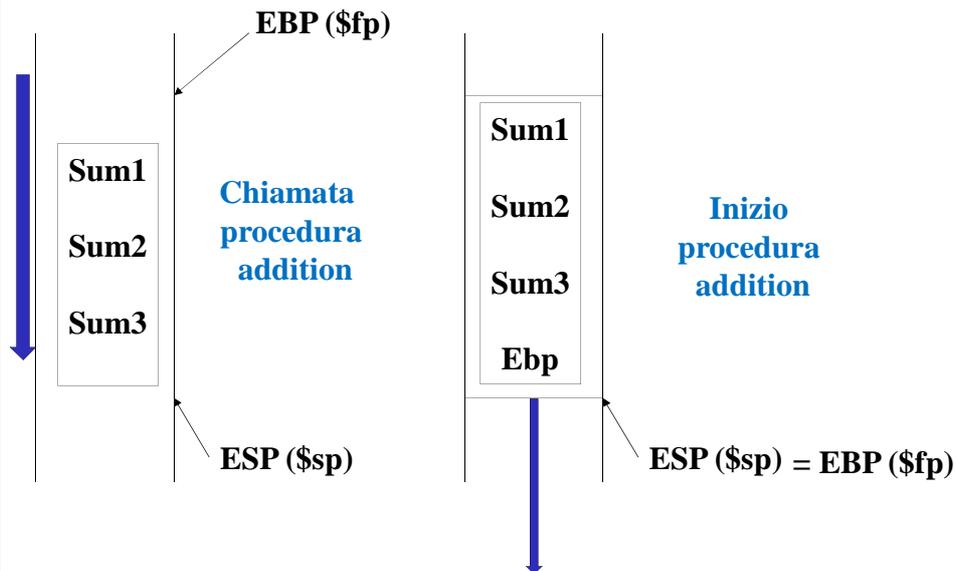
push sum1    ; create the first summand
              ; addi $sp, $sp, -4; lw $s0, 0($sp)
              ; (automaticamente ESP viene decrementato)
push sum2    ; create the second summand
push sum3    ; create the third summand
call addition ; chiama procedura addition

addition: proc near ; call near (inside 64k segment, cf. branch)
  push ebp          ; salva l'indirizzo base per il ritorno
                   ; (inizio del record attivaz.)
  move ebp, esp     ; copia lo StackP (esp) nel BaseP (individua
                   ; frame di procedura)
  move eax, [ebp+12] ; carica sum1 in EAX
  add eax, [ebp+8]   ; somma in eax sum1 + sum2
  add eax, [ebp+4]   ; somma in eax sum1 + sum2 + sum3
  pop ebp           ; recupera l'indirizzo base precedente
  ret               ; ritorno al programma chiamante (cf. jr $ra)
addition endp
    
```

.unimi.it\



## Lo stack viene delimitato





## IA-32 – operazioni logico-aritmetiche e confronto con il MIPS



Tipo operando 1	Tipo operando 2	Tipo risultato
Registro	Registro	Registro
Registro	Immediato	Registro
Registro	Memoria	Registro
Memoria	Registro	Memoria
Memoria	Memoria	Memoria

- Uno dei registri (memoria) deve fungere sia da operando che da registro destinazione (architettura ad accumulatore) E.g.: `add eax, [ebp + 8]` → `eax + [ebp + 8] -> eax`.
  - MIPS permette di avere operandi e risultato in registri differenti
- Uno od entrambi gli operandi può provenire direttamente dalla memoria
  - Nel MIPS o nel PowerPC solo dai registri
- Gli operandi Immediati possono arrivare a 32 bit, gli altri ad 80 bit



## Dati di tipo diverso



- Possibilità di indirizzare dati da 8, 16, 32 (e 64 nell'estensione a 64 bit) bit.
- INTEL definisce un'ampiezza di default dei dati (16, 32 o 64 bit).
- L'ampiezza di default viene impostata e modificata attraverso un **prefisso di 8 bit** inserito prima dell'istruzione.

### Ruolo del prefisso (1 byte) nell'8086:

- modificare i registri di segmento
- impedire l'accesso al bus
- ripetere l'istruzione (fino a quando ECX = 0, pensato per la move di stringhe o blocchi)
- dimensione di default dei dati e degli indirizzi.



## Codifica istruzioni – campi **reg** e **w**



- Campo **reg** (cf. numero registro Register File in MIPS):
  - la sua interpretazione dipende da **w**:
  - **w=0** → registri a 8 bit
  - **w=1** → 16 o 32 bit (dipende dal setting dei dati di default)
    - IA-32: 32 bit di default
- **w** determina il tipo di dato (short o long: 8 o 16/32 bit).

→ istruzioni di lunghezza diversa

- ADD AL, #1 → 8 bit
- ADD EAX, #1 → 40 bit

4	3	1	8
ADD	000	0	0000 0001

4	3	1	32
ADD	000	1	00 ... 01

d. PUSH ESI

5	3
PUSH	Reg

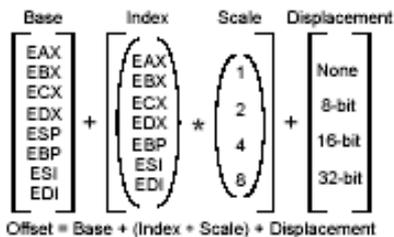
campo reg	w=0	w=1	
	8 bit	16 bit	32 bit
0	AL	AX	EAX
1	CL	CX	ECX
2	DL	DX	EDX
3	BL	BX	EBX
4	AH	SP	ESP
5	CH	BP	EBP
6	DH	SI	ESI
7	BH	DI	EDI



## Modalità di indirizzamento – dati



Modo	Descrizione	Restrizioni sui registri	Codice MIPS	Codice INTEL
<b>Ind. diretto (registro) Register Addressing</b>	Dato contenuto in un registro	No ESP e EBP	move \$s0, \$s1	mov eax, ebx
<b>Register Indirect</b>	Indirizzo del dato contenuto in un registro	No ESP e EBP	lw \$s0, 0(\$s1)	mov eax, [ebx]
<b>Base + offset (8 - 32bit)</b>	Base + offset addressing (INTEL – displacement)	No ESP	lw \$s0, 100(\$s1)	mov eax, 100 [ebx] è sottinteso)
<b>Base + scale*index</b>	Ind = base + offset*indice offset = 2 <sup>scale</sup>	Base: GPR qualsiasi Indice: no ESP	mul \$t0, \$s2, 4 add \$t0, \$t0, \$s1 lw \$s0, 0(\$t0)	mov eax, [esi*scale] ([ebx] è sottinteso)
<b>Base + scale*index+ displacement</b>	Ind = base + offset*indice + polarizzazione offset = 2 <sup>scale</sup>	Base: GPR qualsiasi Indice: no ESP	mul \$t0, \$s2, 4 add \$t0, \$t0, \$s1 lw \$s0, 100(\$t0)	mov eax, [esi*scale + 2] ([ebx] è sottinteso)



**Potenza espressiva.** Esempio, caricamento in EAX (sottinteso) dell' i-esimo elemento di un vettore:

mov EBX, 0x0x224H ; indirizzo base  
mov ESI, i  
mov EAX, [ESI\*4]

**Interno ciclo**



## Modalità di indirizzamento – istruzioni “immediate”



Modo	Descrizione	Codice MIPS	Codice INTEL
<b>Indirizzamento immediato</b>	L'operando è in una parte dell'istruzione	<code>li \$s0, 0x6a02</code>	<code>add eax, 0x6a02</code>
<b>PC_relative addressing</b>	Indirizzamento relativo al Program Counter ([ebx] sottointeso)	<code>bne \$s0, \$s1, label</code>	<code>sub eax, jnz label</code>
<b>Pseudodirect addressing</b>	<b>MIPS:</b> indirizzo ottenuto cambiando i 26 bit dell'istruzione con i 28 LSB di PC (i 2 LSB sono 00) <b>INTEL:</b> modifica del registro Code Segment	<code>j label</code>	<code>mov cs, 0x87ee</code> <code>mov ip 0x14fa</code> <code>=</code> <code>jump label</code> <code>=</code> <code>mov eip 0x87ee14fa</code>

**Esecuzione condizionata.** Eseguo un'operazione in modo condizionato. Il risultato viene scritto se il flag (registro EFLAG) assume un certo valore. sub EAX, scrivere anche il flag di «Zero».

Non c'è più il limite dell'allineamento ai 32 bit della parola



## Sommario



Le architetture Intel

I registri ed il loro utilizzo

L'ISA degli Intel

La codifica delle istruzioni



## IA-32 Instruction Set



- Istruzioni **general purpose**
  - Istruzioni per lo spostamento dei dati
    - push, pop, utilizzo dello stack e della memoria dati
  - Istruzioni aritmetiche logiche, confronto e operazioni
  - Istruzioni di controllo del flusso
    - basati sui flag, allineamento al byte
  - Istruzioni della gestione delle stringhe
  - Istruzioni di I/O
- Istruzioni **floating point** x87
  - funzioni trigonometriche, potenze di 2 ( $2^x$ ,  $\log_2 x$ )
- Istruzioni **SIMD**
  - MMX, SSE (SSE2, SSE3), 3DNow! (IA-32 by AMD)
- Istruzioni di sistema
  - Cambio di modo, Halt, Reset, ...



## Le operazioni IA-32



- Spostamento di dati: move, push, pop
- Aritmetico-logiche su interi e float
- Controllo di flusso: salti condizionati ed incondizionati, chiamata e ritorno da procedura.
- Operazioni su stringhe

I salti condizionati si basano sul controllo del risultato dell'operazione: **condition codes** o **flag**.

NB: l'offset rispetto al PC viene espresso in byte; non può essere espresso in word!!

Le operazioni su stringhe sono un'eredità (legacy) dell'8080.



## Registro EFLAG



- I risultati notevoli vengono salvati in questo registro
  - Carry, zero, overflow, segno, parità, ...
  - Le istruzioni di branch si riferiscono sempre a EFLAG

**MIPS:**

`beq $s0, $s1, label`

**IA-32:**

`sub eax`

`jz label`



- X ID Flag (ID)
- X Virtual Interrupt Pending (VIP)
- X Virtual Interrupt Flag (VIF)
- X Alignment Check (AC)
- X Virtual-8086 Mode (VM)
- X Resume Flag (RF)
- X Nested Task (NT)
- X I/O Privilege Level (IOPL)
- S Overflow Flag (OF)
- C Direction Flag (DF)
- X Interrupt Enable Flag (IF)
- X Trap Flag (TF)
- S Sign Flag (SF)
- S Zero Flag (ZF)
- S Auxiliary Carry Flag (AF)
- S Parity Flag (PF)
- S Carry Flag (CF)

S Indicates a Status Flag  
 C Indicates a Control Flag  
 X Indicates a System Flag



## Operazioni di I/O



- IA-32 prevede istruzioni dedicate per in/out
  - Dati presenti nel registro accumulatore (EAX).
  - Distinzione tra memoria ed input/output mediante il segnale di controllo **M/IO**
- Le periferiche sono viste mediante le porte di I/O.
- Spazio di indirizzamento su 16 bit
  - 64k porte da 1 byte (32k porte da 2 byte; 16k porte da 4 byte)
- Lettura/scrittura avviene verso il device controller (DR), mediante i segnali di controllo di **R/W**
- Spazio di indirizzamento duplicato: 16 bit (+4 bit di offset) per la RAM e 16 bit per le periferiche nell'8086. L'indirizzo di base viene memorizzato nel CS (cf. MIPS).



## IA-32 Instruction Set - I



Instruction	Function
je name	if equal(condition code) {EIP=name}; EIP-128 <= name < EIP+128
jmp name	EIP=name
call name	SP=SP-4; M[SP]=EIP+5; EIP=name;
movw EBX,[EDI+45]	EBX=M[EDI+45]
push ESI	SP=SP-4; M[SP]=ESI
pop EDI	EDI=M[SP]; SP=SP+4
add EAX,#6765	EAX= EAX+6765
test EDX,#42	Set condition code (flags) with EDX and 42
movsl	M[EDI]=M[ESI]; EDI=EDI+4; ESI=ESI+4



## IA-32 Instruction Set - I



Instruction	Function
je name	if equal(condition code) {EIP=name}; EIP-128 <= name < EIP+128
jmp name	EIP=name
call name	SP=SP-4; M[SP]=EIP+5; EIP=name;
movw EBX,[EDI+45]	EBX=M[EDI+45]
push ESI	SP=SP-4; M[SP]=ESI
pop EDI	EDI=M[SP]; SP=SP+4
add EAX,#6765	EAX= EAX+6765
test EDX,#42	Set condition code (flags) with EDX and 42
movsl	M[EDI]=M[ESI]; EDI=EDI+4; ESI=ESI+4

**JE:** jump equal - near ( $\pm 128$  byte)  
**JMP:** jump (near  $\rightarrow$  uso CS; far  $\rightarrow$  uso EIP)  
**CALL:** jump; SP=SP-4 (MIPS: **jal**)  
**MOVW:** (MIPS: **lw**)  
**PUSH,POP:** aggiornamento implicito SP  
**TEST:** Carica nei flag i risultati di \$EDX AND 0x42  
**MOVSL:** Sposta 4 byte e incrementa EDI ed ESI (stringhe/aree dati)



## IA-32 Instruction Set: esempi



Instruction	Meaning
<b>Control</b>	
<b>Conditional and unconditional branches</b>	
jnz, jz	Jump if condition to EIP + 8-bit offset; JNE (for JNZ), JE (for JZ) are alternative names
jmp	Unconditional jump—8-bit or 16-bit offset
call	Subroutine call—16-bit offset; return address pushed onto stack
ret	Pops return address from stack and jumps to it
loop	Loop branch—decrement ECX; jump to EIP + 8-bit displacement if ECX ≠ 0
<b>Data transfer</b>	
<b>Move data between registers or between register and memory</b>	
move	Move between two registers or between register and memory
push, pop	Push source operand on stack; pop operand from stack top to a register
les	Load ES and one of the GPRs from memory
<b>Arithmetic, logical</b>	
<b>Arithmetic and logical operations using the data registers and memory</b>	
add, sub	Add source to destination; subtract source from destination; register-memory format
cmp	Compare source and destination; register-memory format
shl, shr, rcr	Shift left; shift logical right; rotate right with carry condition code as fill
cbw	Convert byte in eight rightmost bits of EAX to 16-bit word in right of EAX
test	Logical AND of source and destination sets condition codes
inc, dec	Increment destination, decrement destination
or, xor	Logical OR; exclusive OR; register-memory format
<b>String</b>	
<b>Move between string operands; length given by a repeat prefix</b>	
movs	Copies from string source to destination by incrementing ESI and EDI; may be repeated
lods	Lloads a byte, word, or doubleword of a string into the EAX register



## Sommario



Le architetture Intel

I registri ed il loro utilizzo

L'ISA degli Intel

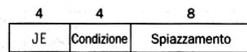
La codifica delle istruzioni



## Codifica delle istruzioni



a. JE EIP + spiazamento

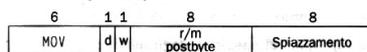


- Multi formati: ampiezza 1-15 byte.
  - Codice operativo su 1 o 2 byte.
  - CLC (Clear Carry: 1 byte, non ha operandi)

b. CALL

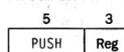


c. MOV EBX, [EDI + 45]



- **w** specifica se lavora sul byte o sulla parola a 16/32 bit (word)
- **d** specifica la direzione del trasferimento
- **Post\_byte r/m**, specifica la modalità di indirizzamento

d. PUSH ESI



e. ADD EAX, #6765



f. TEST EDX, #42



## Codifica istruzioni – campi **r/m** e **mod**



reg	w = 0	w = 1	r/m	mod = 0		mod = 1		mod = 2		mod = 3
		16b	32b	16b	32b	16b	32b	16b	32b	
0	AL	AX	EAX	0	addr=BX+SI	=EAX	same	same	same	same
1	CL	CX	ECX	1	addr=BX+DI	=ECX	addr as	addr as	addr as	as
2	DL	DX	EDX	2	addr=BP+SI	=EDX	mod=0	mod=0	mod=0	mod=0
3	BL	BX	EBX	3	addr=BP+SI	=EBX	+ disp8	+ disp8	+ disp16	+ disp32
4	AH	SP	ESP	4	addr=SI	=(sib)	SI+disp8	(sib)+disp8	SI+disp8	(sib)+disp32
5	CH	BP	EBP	5	addr=DI	=disp32	DI+disp8	EBP+disp8	DI+disp16	EBP+disp32
6	DH	SI	ESI	6	addr=disp16	=ESI	BP+disp8	ESI+disp8	BP+disp16	ESI+disp32
7	BH	DI	EDI	7	addr=BX	=EDI	BX+disp8	EDI+disp8	BX+disp16	EDI+disp32

- **r/m (3 bit)** seleziona il registro usato come registro base
- **mod (2 bit)** seleziona la modalità di indirizzamento (+ offset, offset+displacement,...)
  - **mod = 0** → Indirizzo = Registro Base (IA-32) o Reg + Segment Reg (16 bit)
  - **mod = 1** → Indirizzo = Registro Base + displacement 8 bit
  - **mod = 2** → Indirizzo = Registro Base + displacement 16/32 bit
  - **mod = 3** → Indirizzo = Registro Base selezionato dal campo **reg**

### Eccezioni

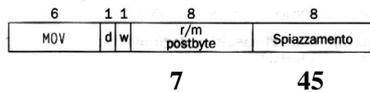
- **r/m = 4; mod=0,1,2** → Seleziona la modalità “scaled index”
- **r/m = 5; mod=1,2** → Seleziona EBP + spiazamento (32 bit)
- **r/m = 6; mod=1,2** → Seleziona BP + spiazamento (16 bit)



## Esempi

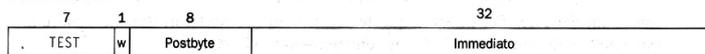


c. MOV EBX, [EDI + 45]



$d = 1$   
 $w = 1$        $[EBP] + EDI + 45$   
 $r/m = 5$   
 $mod = 1$   
**EBP sottointeso nella codifica binaria**

f. TEST EDX, #42



$w = 1$   
 $r/m = 5$   
 $mod = 2$   
**EBP sottointeso nella codifica binaria**



## Codifica istruzioni: osservazioni



- Architettura CISC
  - Lunghezza variabile istruzioni
  - Lunghezza variabile OpCode
- La lunghezza dell'istruzione dipende dal [contenuto di alcuni campi](#) dell'istruzione stessa
  - $mod, r/m, reg, w$
  - Devo [iniziare la decodifica](#) dell'istruzione per sapere quant'è lunga → [prima di terminare la fase di fetch](#)
- Architettura complessa e poco razionale
  - prezzo da pagare per [mantenere la compatibilità verso il basso](#) (8, 16, 32 bit)



## Sommario



Le architetture Intel  
I registri ed il loro utilizzo  
L'ISA degli Intel  
La codifica delle istruzioni?