



L'ISA di Intel

Proff. A. Borghese, F. Pedersini

Dipartimento di Scienze dell'Informazione
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



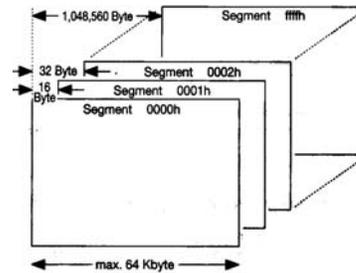
Le prime architetture Intel

- **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:

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



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.



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



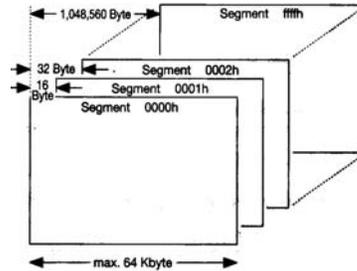
- **Modalità reale (Real mode)**
 - Modalità compatibile DOS
 - Max memoria indirizzabile: 1 MByte → 2^{20}
 - modo attivo all'accensione (power-on)
- **Modalità protetta (Protected mode)**
 - modalità “nativa” di IA-32
 - Memoria indirizzabile: 4 GByte → 2^{32}
 - Memoria protetta: evita corruzione 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:

0x 80B8 0 +
019 D =

0x 80D1 D



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



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	

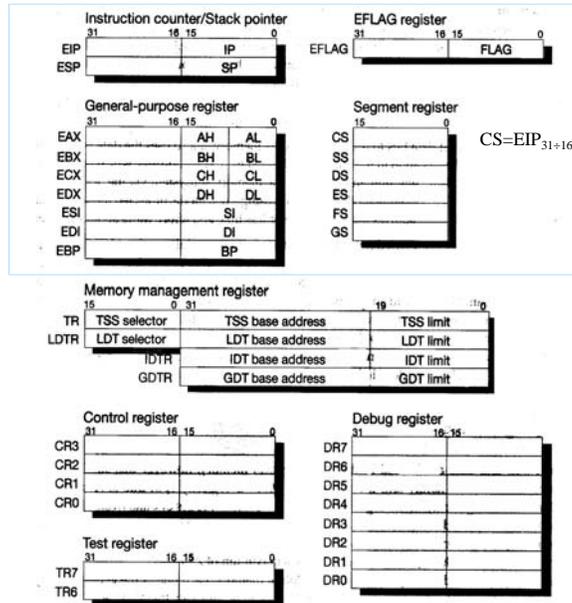
IP
SP



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
CS IP (EIP)	Code Segment	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 EIP (Extended Instruction Pointer). Per modificare il registro CS occorre una <i>chiamata a procedura far</i> o una <i>far jump</i> oppure un interrupt (<i>int</i>). In modo protetto viene verificato se il nuovo segmento può essere utilizzato dal task.
DS (EBX)	Data Segment	Puntatore al segmento dati. Contiene l'indirizzo base del segmento dati del programma. Molte istruzioni quali la mov utilizzano questo segmento. E' il segmento in cui sono contenuti i dati di un task.
SS SP (ESP)	Stack Segment	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.
ES, FS, GS	Extra Segments	Puntatori addizionali 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)
 - **ESP**: stack pointer (\$sp) (SS || SP)
 - **ESI**: source index (ottimizzato per op. su stringhe)
 - **EDI**: destination index (ottimizzato per op. su stringhe)
- **Program counter**
 - **EIP**: extended instruction pointer (EIP = Program Counter = SS || IP)
- **Floating-point Stack registers**
 - **ST(0) – ST(7)**: 80 bit, accessibili come LIFO (stack)
- **SIMD Registers**
 - MMX, SSE (SSE1, SSE2, SSE3, SSE4, SSE5)
- **Coordinamento tra: EBX e DS; tra EIP e SS; tra EBP, ESP e SS.**



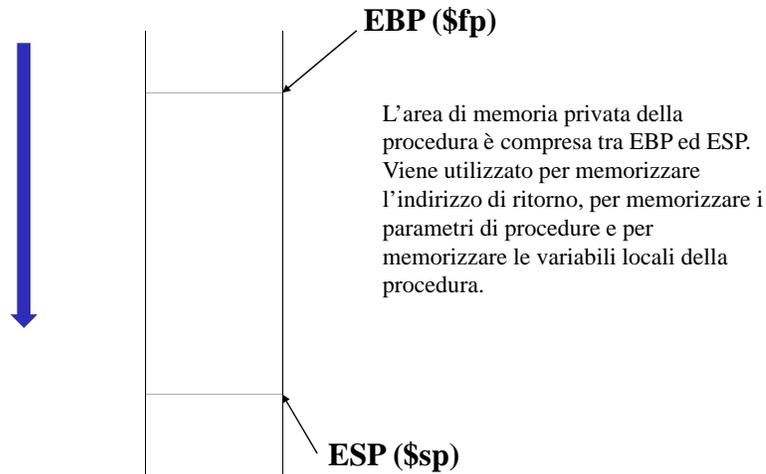
Registri “General Data”



Nome simbolico			Nome descrittivo	Funzioni
32 bit	16 bit	8 bit		
EAX	AX	AH, AL	Accumulator	Moltiplicazione/Divisione, I/O, shift veloce
<pre>out 70h, al ;Il contenuto di al viene trasferito alla porta 70h. sb \$al,offset(\$k1) # in MIPS, accesso memoria > 2Gbyte</pre>				
EBX	BX	BH, BL	Base Register	Puntatore all'indirizzo base segmento dati
<pre>mov edx, [ebx] ;trasferisci quanto presente all'indirizzo 0(\$ebx) in ecx lw \$s0, 500(\$gp)</pre>				
ECX	CX	CH, CL	Count Register	Indice di conteggio per cicli, rotazioni e shift
<pre>move ecx, 10h ; load ecx con 10h (=16), valore di inizio conteggio (associato a "loop") start: out 70h, al ; Il contenuto di al viene trasferito alla porta 70h. loop start ; ritorna ad inizio ciclo, il quale verrà ripetuto 16 volte (fino a che ecx = 0)</pre>				
EDX	DX	DH, DL	Data Register	Moltiplicazione/Divisione, I/O
<pre>mul edx ; moltiplica edx con eax (implicito), il risultato è contenuto nella coppia edx:eax (hi:lo).</pre>				



Lo stack viene delimitato



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)

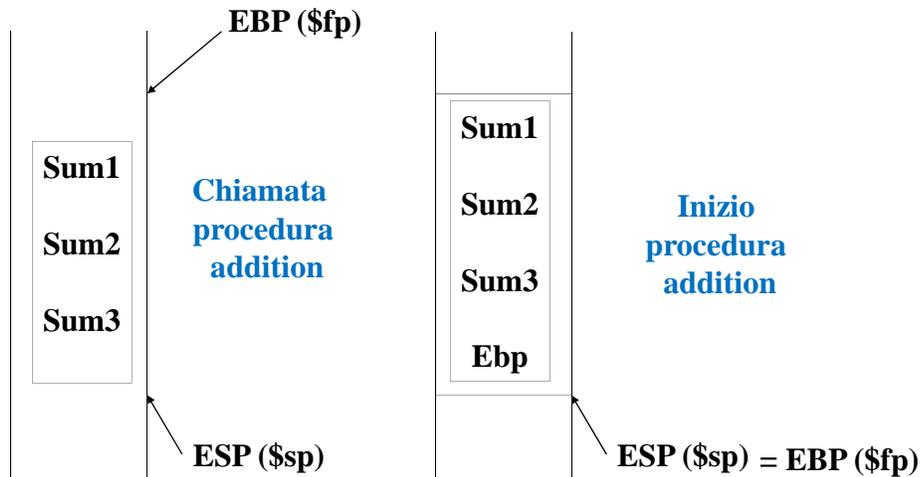
```

push sum1    ; create the first summand
              ; (automaticamente ESP viene decrementato)
push sum2    ; create the second summand
push sum3    ; create the third summand
              ; 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
    
```



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):

- 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).

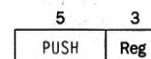
→ istruzioni di lunghezza diversa

- ADD AL, #1 → 16 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



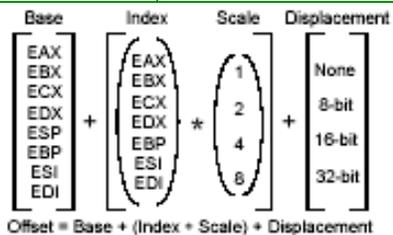
campo reg	w=0	w=1	
	8 bit	16 bit	32 bit
0	AL	AX	EAX
1	CL	CX	ECX
2	DL	DX	EDX
3	BL	BX	EBX
4	AH	SP	ESP
5	CH	BP	EBP
6	DH	SI	ESI
7	BH	DI	EDI



Modalità di indirizzamento – dati



Modo	Descrizione	Restrizioni sui registri	Codice MIPS	Codice INTEL
Ind. diretto (registro) Register Addressing	Dato contenuto in un registro	No ESP e EBP	<code>move \$s0, \$s1</code>	<code>move eax, ebx</code>
Register Indirect	Indirizzo del dato contenuto in un registro	No ESP e EBP	<code>lw \$s0, 0(\$s1)</code>	<code>move eax, [ebx]</code>
Base + offset (8 - 32bit)	Base + offset addressing (INTEL – displacement)	No ESP e EBP	<code>lw \$s0, 100(\$s1)</code>	<code>move eax, 100 [ebx] è sottinteso)</code>
Base + scale*offset	$Ind = base + offset * scale$	No ESP e EBP	...	<code>move eax, [esi*4] [ebx] è sottinteso)</code>
Base + scale*offset + displacement	Scaling Factor displacement	No ESP e EBP	...	<code>move eax, [esi*4 + 2] [ebx] è sottinteso)</code>



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

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



Modalità di indirizzamento – istruzioni “immediate”



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

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.

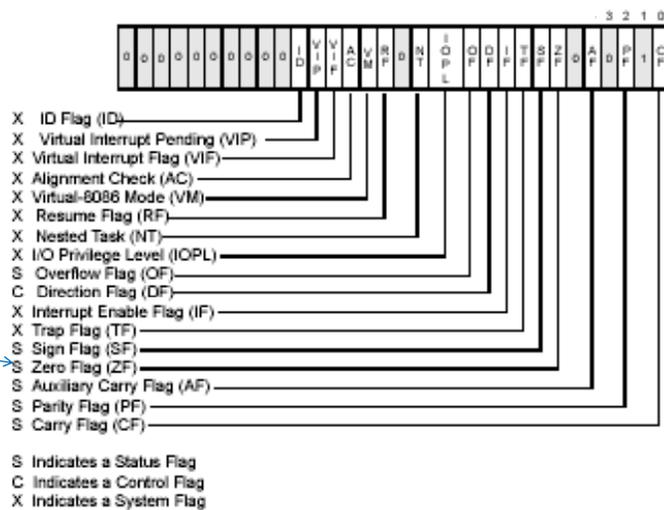


Registro EFLAG

- 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





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
movs1	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 (+128 byte)
JMP: jump (near → uso CS; far → 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
Control	
Conditional and unconditional branches	
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
Data transfer	
Move data between registers or between register and memory	
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
Arithmetic, logical	
Arithmetic and logical operations using the data registers and memory	
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
String	
Move between string operands; length given by a repeat prefix	
movs	Copies from string source to destination by incrementing ESI and EDI; may be repeated
lodsb	Loads a byte, word, or doubleword of a string into the EAX register



Sommario



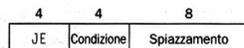
Le architetture Intel
 I registri ed il loro utilizzo
 L'ISA degli Intel
La codifica delle istruzioni



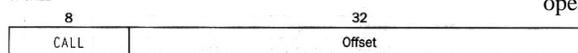
Codifica delle istruzioni



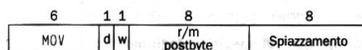
a. JE EIP + spiazamento



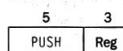
b. CALL



c. MOV EBX, [EDI + 45]



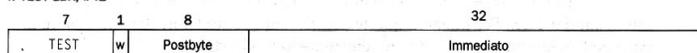
d. PUSH ESI



e. ADD EAX, #6765



f. TEST EDX, #42



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

- **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



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

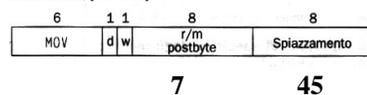
- **r/m = 4; mod=0,1,2** → Seleziona la modalità **"scaled index"**
- **r/m = 5; mod=1,2** → Seleziona EBP + spiazamento (32 bit)
- **r/m = 6; mod=1,2** → Seleziona BP + spiazamento (16 bit)



Esempi

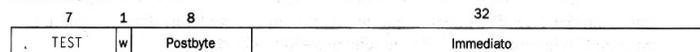


c. MOV EBX, [EDI + 45]



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?