

Programmazione I

A.A. 2002-03

Architettura dei Calcolatori

(Lezione V)

Componenti hardware e loro schema funzionale

Prof. Giovanni Gallo

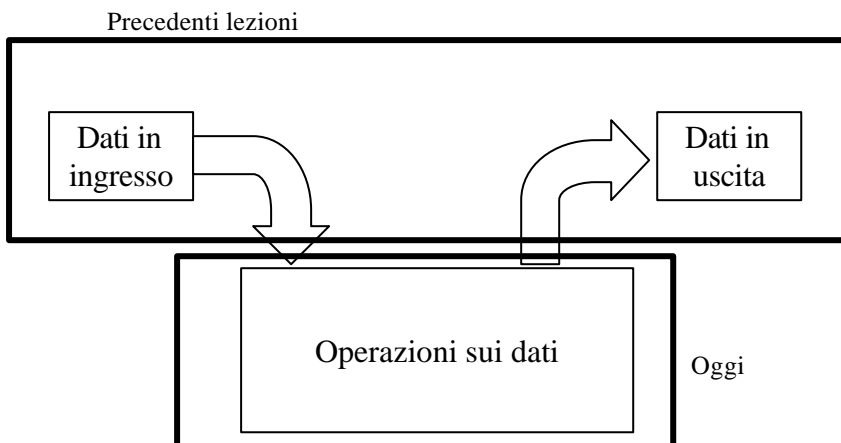
Dr. Gianluca Cincotti

Dipartimento di Matematica e Informatica

Università di Catania

e-mail : { [gallo](mailto:gallo@dmf.unict.it), [cincotti](mailto:cincotti@dmf.unict.it) } @dmf.unict.it

Un vecchio modello ...



Molti i “modelli” operativi di computer

- Macchine di Turing;
- Valutatori funzionali;
- Sistemi di Post-Markov;



Nel corso di
“Fondamenti di Informatica”
(III semestre)

- Macchina di von Neumann o macchina RAM.

È il modello astratto più vicino alla struttura dei computer che usiamo tutti i giorni: conoscere tale modello ci aiuta a “crearci” un modello mentale adeguato per programmare in maniera “imperativa”

Eccolo qui!

Grafica non essenziale –
omessa negli stampati per
ridurre la size del file

La macchina computer

- In generale, un computer:
 - esegue *operazioni* logiche e aritmetiche,
 - ha una *memoria* per conservare i dati.

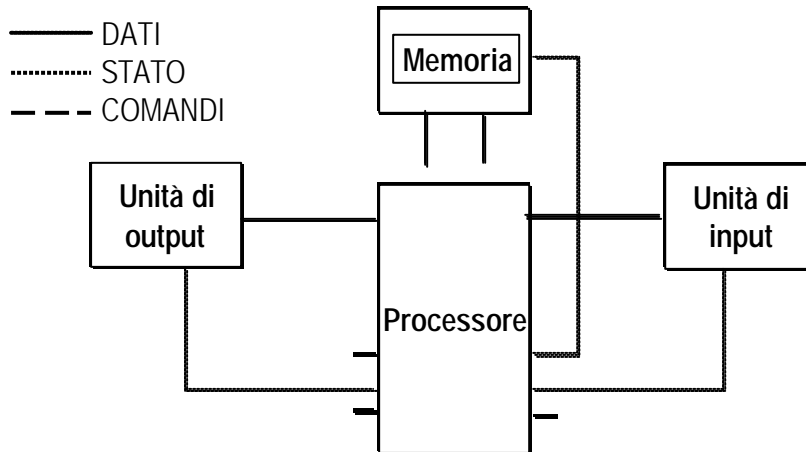
- Un *programma* contiene la descrizione di tutte le operazioni da eseguire.

Architettura dei computers

- In un computer possiamo distinguere tre unità funzionali:
 - Processore
 - fornisce la capacità di elaborazione delle informazioni,
 - Memoria (centrale e di massa),
 - Dispositivi di input/output,
che comunicano attraverso un canale detto BUS
 - costituito da un insieme di linee elettriche digitali.

- Macchina di von Neumann.

Schema a blocchi di un elaboratore



Hardware vs. Software

- *L'hardware* denota la struttura fisica del computer, costituita di norma da componenti elettronici che svolgono specifiche funzioni nel trattamento dell'informazione.
- Il *software* denota l'insieme delle istruzioni che consentono all'hardware di svolgere i propri compiti (programmi).

Il linguaggio del processore

- Ogni modello di microprocessore ha un proprio *linguaggio macchina* diverso da quello di altri microprocessori.
 - Il linguaggio macchina specifica tutte e sole le *istruzioni macchina* che possono essere eseguite dal microprocessore.

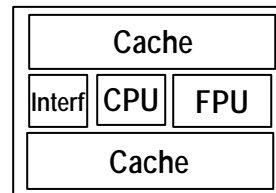
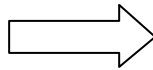
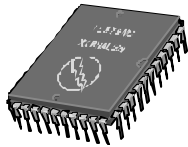
Le istruzioni macchina

- Un' *istruzione macchina* costituisce un'operazione primitiva che il processore è in grado di svolgere.
 - È composta da:
 - *Codice operazione* (indica cosa fare),
 - *Uno o due operandi* (su cosa operare),
 - *Destinazione* del risultato (dove memorizzarlo).
- Un *programma* è costituito da una sequenza ordinata di *istruzioni macchina* espresse in codice binario.

10011010
01010101
01110010
10010111

Processore

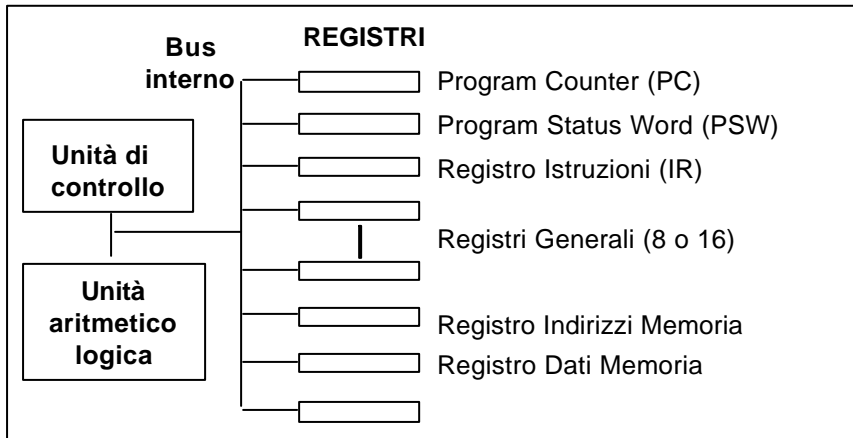
- Composto da blocchi con funzionalità diverse:
 - CPU (Central Processing Unit),
 - FPU (Floating Point Unit),
 - Cache,
 - Interfacce varie.
- Se integrato su un unico chip prende il nome di *microprocessore*.



Central Processing Unit (CPU)

- Svolge tutte le operazioni di:
 - elaborazione numerica,
 - controllo e coordinamento di tutte le attività.
- Si suddivide in:
 - Unità logico-aritmetica (ALU).
 - Unità di controllo (CU).
 - Registri.

Componenti della CPU



Arithmetic Logic Unit (ALU)

- Svolge tutti i calcoli *logici* ed *aritmetici* (complementazione, somma intera, confronto, etc).
 - Opera direttamente sui registri generali.
- E' costituita da circuiti elettronici in grado di eseguire la *somma* di due numeri binari contenuti in due registri oppure di eseguire il *confronto* tra due numeri.

Registri

- Memoria locale usata per memorizzare:
 - dati acquisiti dalla memoria centrale o dalla unità di input,
 - risultati delle operazioni eseguite dall' ALU.
- Numero limitato: tipicamente da 8 a 256.
- Unità di memoria estremamente veloci.
- Le dimensioni di un registro sono una caratteristica fondamentale del processore: 16, 32, 64 bit.

Registri (cont.)

- I registri contengono dati ed informazioni che vengono immediatamente elaborate.
- Esistono due tipi di registri:
 - i *registri speciali* utilizzati dalla CU per scopi particolari,
 - i *registri di uso generale* (registri aritmetici).

Registri speciali

- Il *Program Counter* (PC) contiene l'indirizzo di memoria che contiene la prossima istruzione da eseguire.
- L' *Instruction Register* (IR) contiene l'istruzione attualmente in esecuzione.
- Il *registro di stato* (PSW) contiene delle informazioni sullo stato di esecuzione del processore.
 - In particolare esso può segnalare eventuali errori che possono avvenire durante l'esecuzione di un programma.

Control Unit (CU)

- E' la parte più importante del processore:
 - In base:
 - al *programma* in esecuzione ed
 - allo stato di tutte le unità,decide l'operazione da eseguire ed emette gli ordini relativi.
 - In pratica, esegue le istruzioni macchina.

L'unità di controllo al lavoro ...

Grafica non essenziale –
omessa negli stampati per
ridurre la size del file

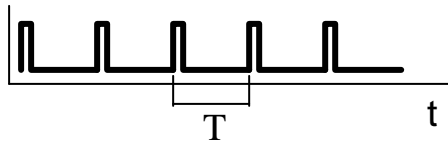
Floating Point Unit (FPU)

- In molti elaboratori si può avere una FPU specializzata in operazioni matematiche complesse (numeri reali).
- Svolge tutte le operazioni che la ALU della CPU non è in grado di svolgere:
 - Somma/sottrazione reale,
 - Moltiplicazione intera/reale,
 - Divisione,
 - Funzioni matematiche complesse.
- Nei calcolatori di generazioni precedenti era esterna alla CPU (Coprocesore matematico).

Il clock

- Ogni elaboratore contiene un circuito di temporizzazione (*clock*) che genera un riferimento temporale comune per tutti gli elementi del sistema.

- $T = \textit{periodo}$ di clock
- $f = \textit{frequenza}$ di clock ($= 1/T$)



- Frequenze tipiche delle ultime generazioni:
 $f > 1000 \text{ MHz}$, $T < 10^{-9}$ secondi.

Tempistica delle istruzioni

- Un'istruzione macchina viene eseguita dal microprocessore svolgendo una sequenza di *operazioni elementari*.

- Un *ciclo-macchina* è il tempo richiesto per svolgere un'operazione elementare.
 - È un multiplo del periodo del clock.
- Il numero di operazioni elementari necessario a portare a compimento un'istruzione macchina è dell'ordine di 7-10, dipendentemente dal tipo di istruzione.

Velocità del microprocessore

- La velocità di elaborazione di un processore dipende dalla frequenza del clock.
 - I processori attuali hanno valori di frequenza di clock che varia tra gli 8 MHz ed i 1800 MHz.

Memoria

- Viene utilizzata per conservare dati e programmi.
- Si suddivide in:
 - **Memoria di lavoro** (memoria principale).
 - Memoria in grado di conservare dinamicamente dati e programmi che il processore sta utilizzando.
 - ❖ **Ram (Random Access Memory)**
 - ❖ **Rom (Read Only Memory)**
 - **Memoria magazzino** (memoria di massa).

Organizzazione della memoria principale

- La memoria è organizzata funzionalmente in **locazioni** indipendenti.
- Ad ogni locazione è associato un **indirizzo**
 - cioè, un numero progressivo a partire da 0.

00101101	0
10011001	1
10010110	2
	3
10010101	4
	5
	6
	7
	8

Organizzazione della memoria principale (cont.)

- Ogni locazione ha la stessa dimensione: 8, 16, 32, o 64 bit.
 - Ogni locazione viene anche detta **parola** (**word**) e costituisce un blocco unico.
- Le uniche operazioni che si effettuano sulla memoria sono **lettura** e **scrittura**.
 - Una locazione di memoria può contenere un dato o un'istruzione.

00101101	0
10011001	1
10010110	2
	3
10010101	4
	5
	6
	7
	8

Indirizzi di memoria

- L'indirizzo di una locazione di memoria è un numero intero codificato in binario.
 - Ogni computer utilizza un numero di bit costante per rappresentare gli indirizzi.
- Maggiore è il numero di bit utilizzati, maggiore sarà il numero di locazioni indirizzabili: ***Spazio di indirizzamento.***

Indirizzi di memoria (cont.)

- Se l'elaboratore utilizza:
 - 16 bit per l'indirizzo, la memoria conterrà fino a 65.536 locazioni (cioè 64 KB di memoria).
 - 32 bit per l'indirizzo, la memoria potrà contenere fino a 4.294.967.296 locazioni (cioè 4 GB di memoria).

Schema funzionale

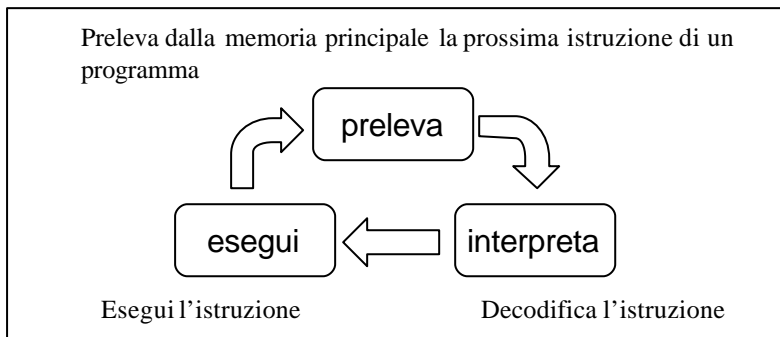
Programma e dati sono caricati in memoria.

- 1) La CU *preleva* un'istruzione dalla memoria.
- 2) L'istruzione viene *decodificata*.
- 3) L'istruzione viene *eseguita*.
- 4) La CU passa all'istruzione successiva e cioè al punto 1).

Schema funzionale (cont.)

➤ Il processore esegue in continuazione il ciclo

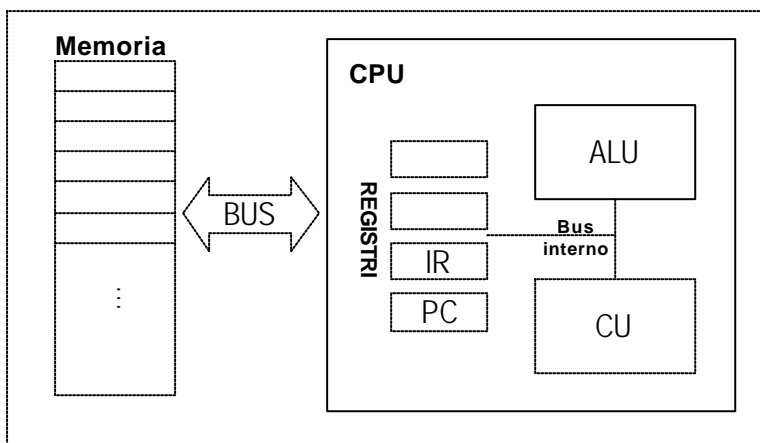
- *preleva – interpreta – esegui*.

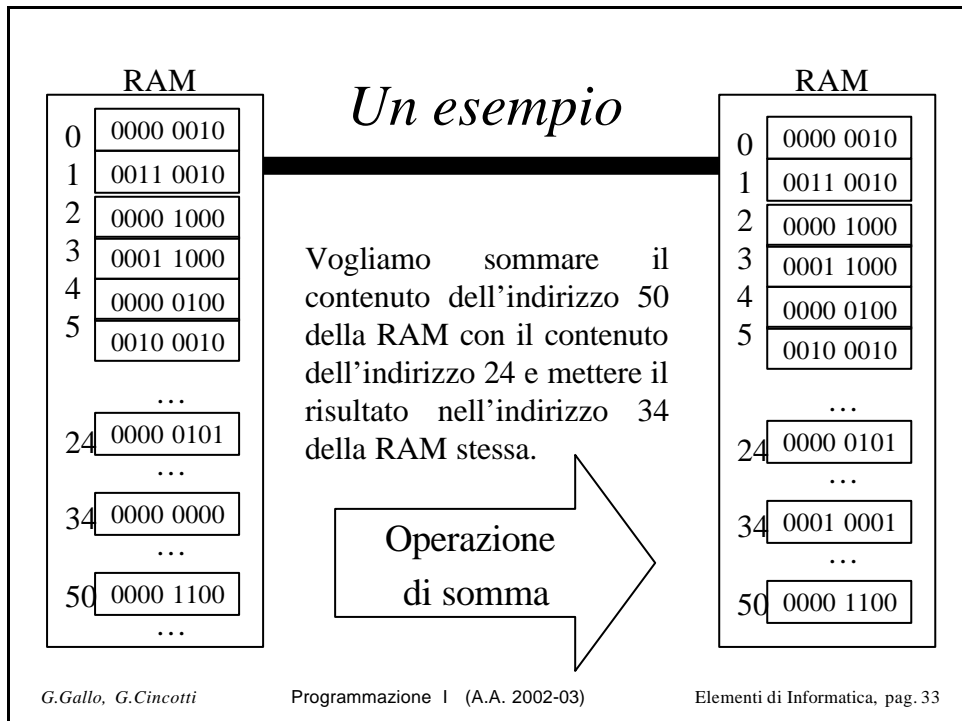


Schema funzionale (dettagliato)

1. La CU *preleva* l'istruzione che si trova all'indirizzo di memoria contenuto nel PC e la trasferisce nell'IR (fase di *fetch*).
2. L'istruzione in IR viene *decodificata* ed *eseguita*.
 - L'*esecuzione* consiste nell'invio da parte della CU di opportuni comandi all'unità interessata:
 - Calcoli → ALU,
 - Acquisizione/Stampa → Unità di I/O,
 - Trasferimento dati → Memoria.
3. La CU *incrementa* opportunamente il PC ed il processo si ripete passando all'istruzione successiva in memoria (si torna quindi al passo 1).

Schema della CPU





L'operazione di somma tra due numeri in memoria non è elementare!

➤ La sequenza di operazioni da fare è:

- Copia il contenuto della word 50 dalla RAM al registro ACC (accumulatore);
- Prendi il contenuto della word 24 ed incrementa ACC di tale valore;
- Scrivi il contenuto del registro ACC nella parola 34 della RAM.

G.Gallo, G.Cincotti
Programmazione I (A.A. 2002-03)
Elementi di Informatica, pag. 34

Un linguaggio macchina “fittizio”

Solo a scopo didattico ipotizziamo che alcune istruzioni siano “*codificate*” nel nostro microprocessore come segue:

Copia dalla RAM al registro ACC:	0 0 0 0 0 0 1 0
Copia il valore in ACC nella RAM :	0 0 0 0 0 1 0 0
Somma in ACC un valore nella RAM:	0 0 0 0 1 0 0 0

Ecco il nostro programma...

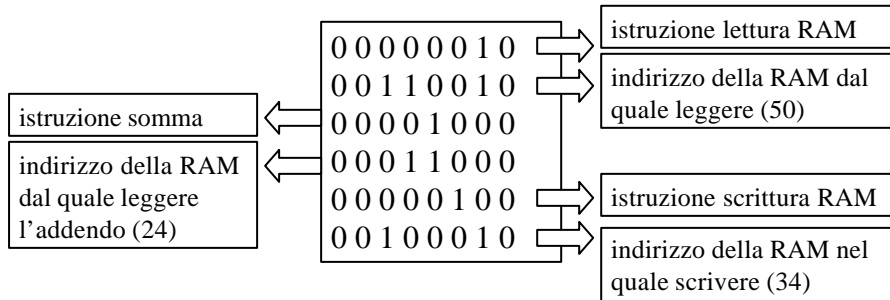
0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 1 1 0 0 1 0
0 0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 1 0 0 0 1 0

Facile ?

Forse ... ma poco comprensibile
per un povero umano!

Le cose diventano più chiare se commentiamo il codice.
SCRIVERE COMMENTI AI PROPRI PROGRAMMI E' PARTE ESSENZIALE DELL'ATTIVITA' DI PROGRAMMAZIONE.

Codice commentato

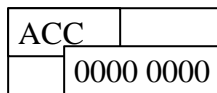
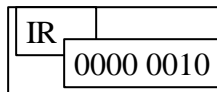
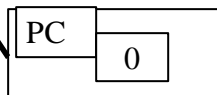


Il programma viene inizialmente caricato in RAM; il PC viene inizializzato all'indirizzo della prima istruzione.

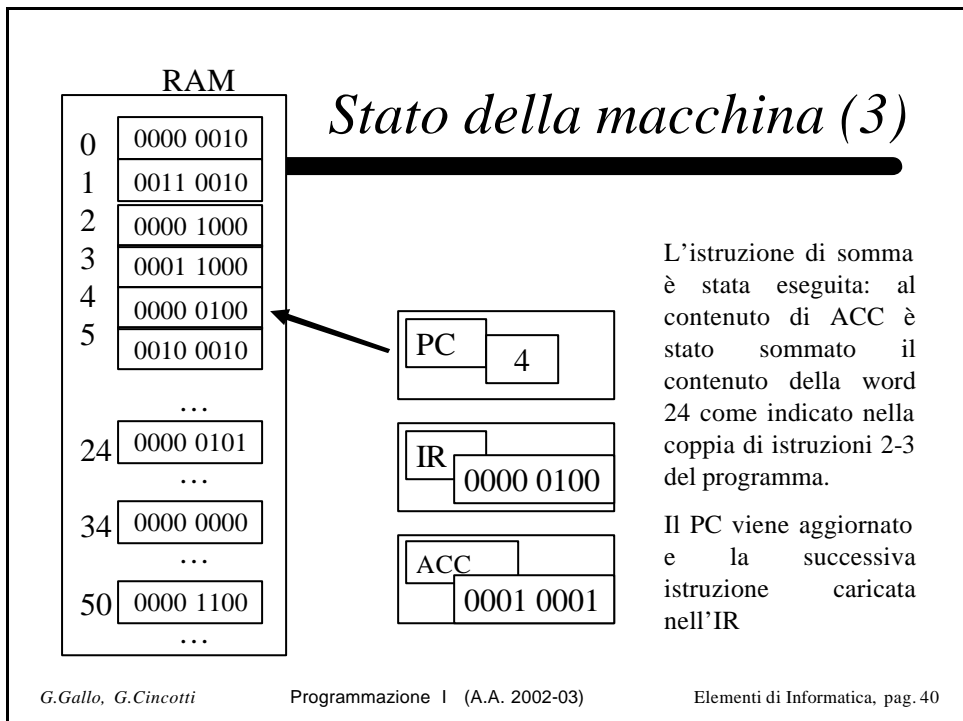
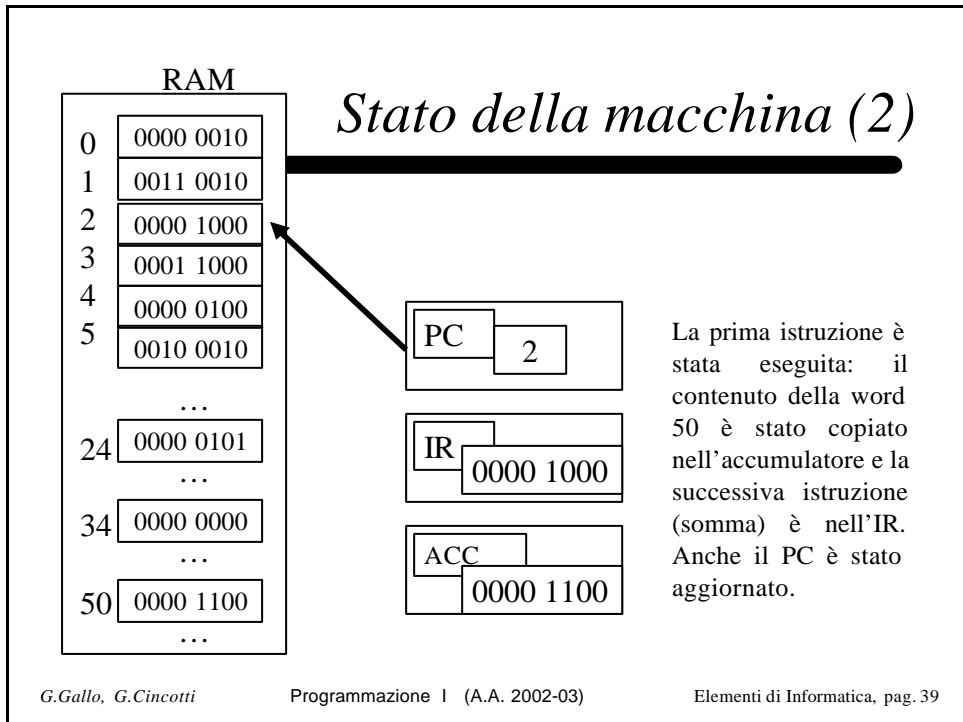
RAM

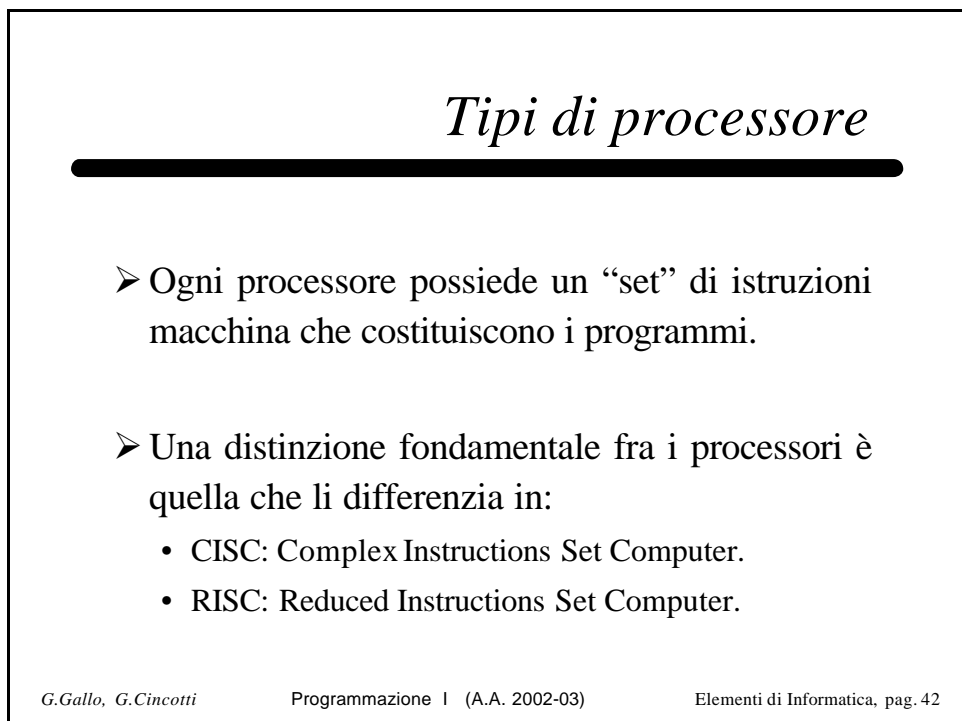
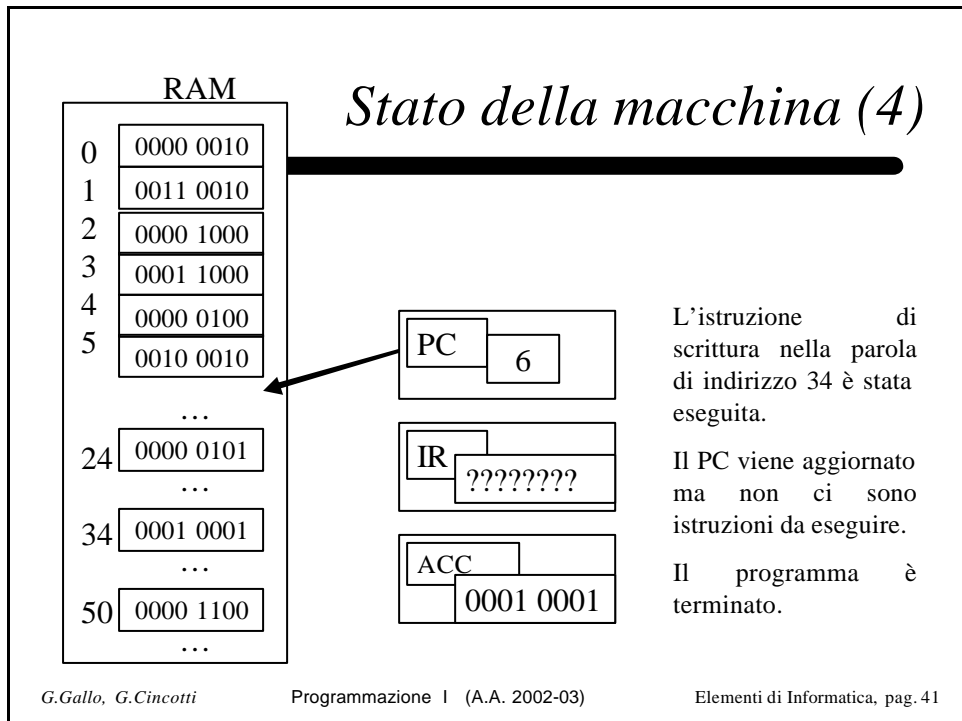
0	0000 0010
1	0011 0010
2	0000 1000
3	0001 1000
4	0000 0100
5	0010 0010
...	
24	0000 0101
...	
34	0000 0000
...	
50	0000 1100
...	

Stato della macchina (1)



La prima istruzione (lettura dalla RAM) viene messa in IR. Il contenuto della cella 1 indica in quale cella andare a leggere il numero da mettere nell'accumulatore.





Tipi di processore (cont.)

- La differenza è nel set di istruzioni.
 - I CISC hanno un *linguaggio macchina* formato da un numero elevato di istruzioni, anche complesse.
 - Es.: Intel x86, Motorola 68000.
 - I RISC sono dotati di istruzioni più semplici e in numero minore.
 - Es.: PowerPC, Sparc.

Fine