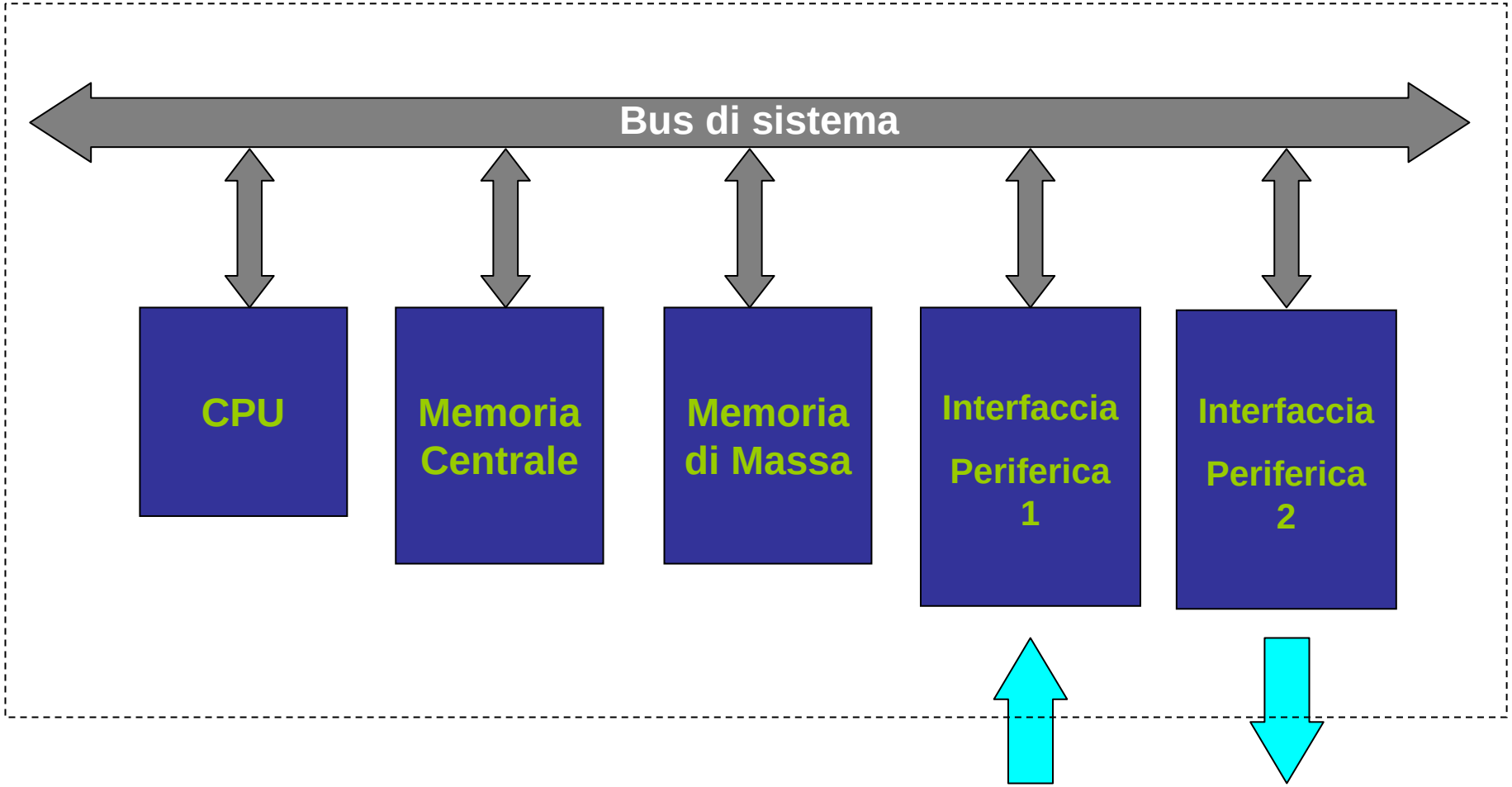
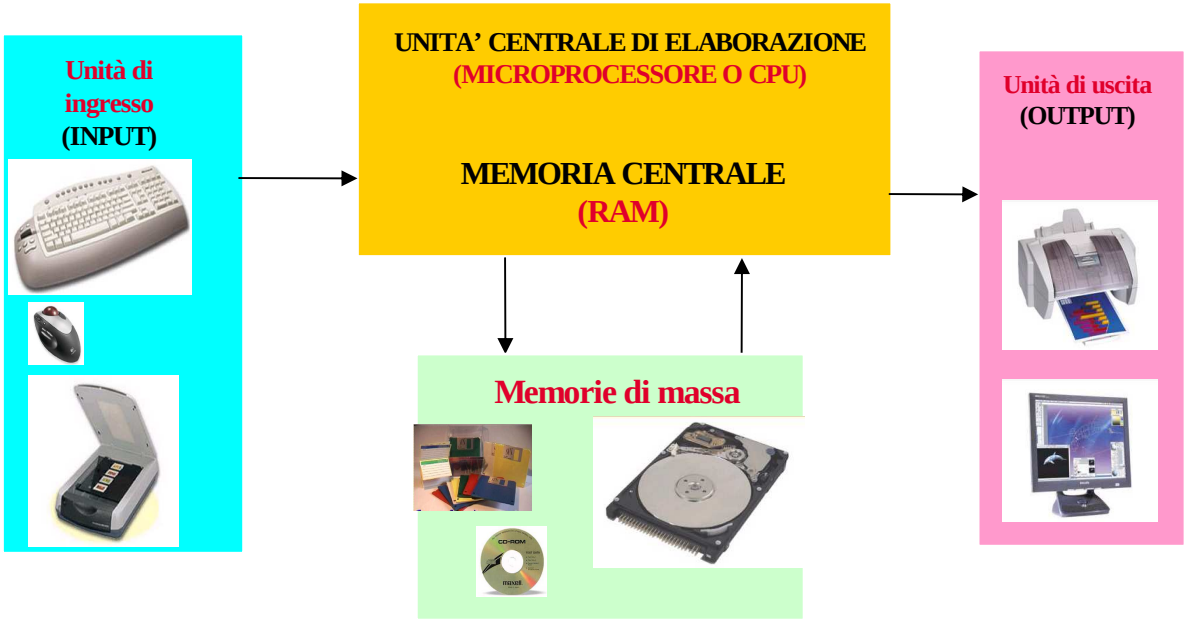
Modello di von Neumann



Componenti di un computer

Il modello di von Neumann è alla base della struttura dei computer attuali:



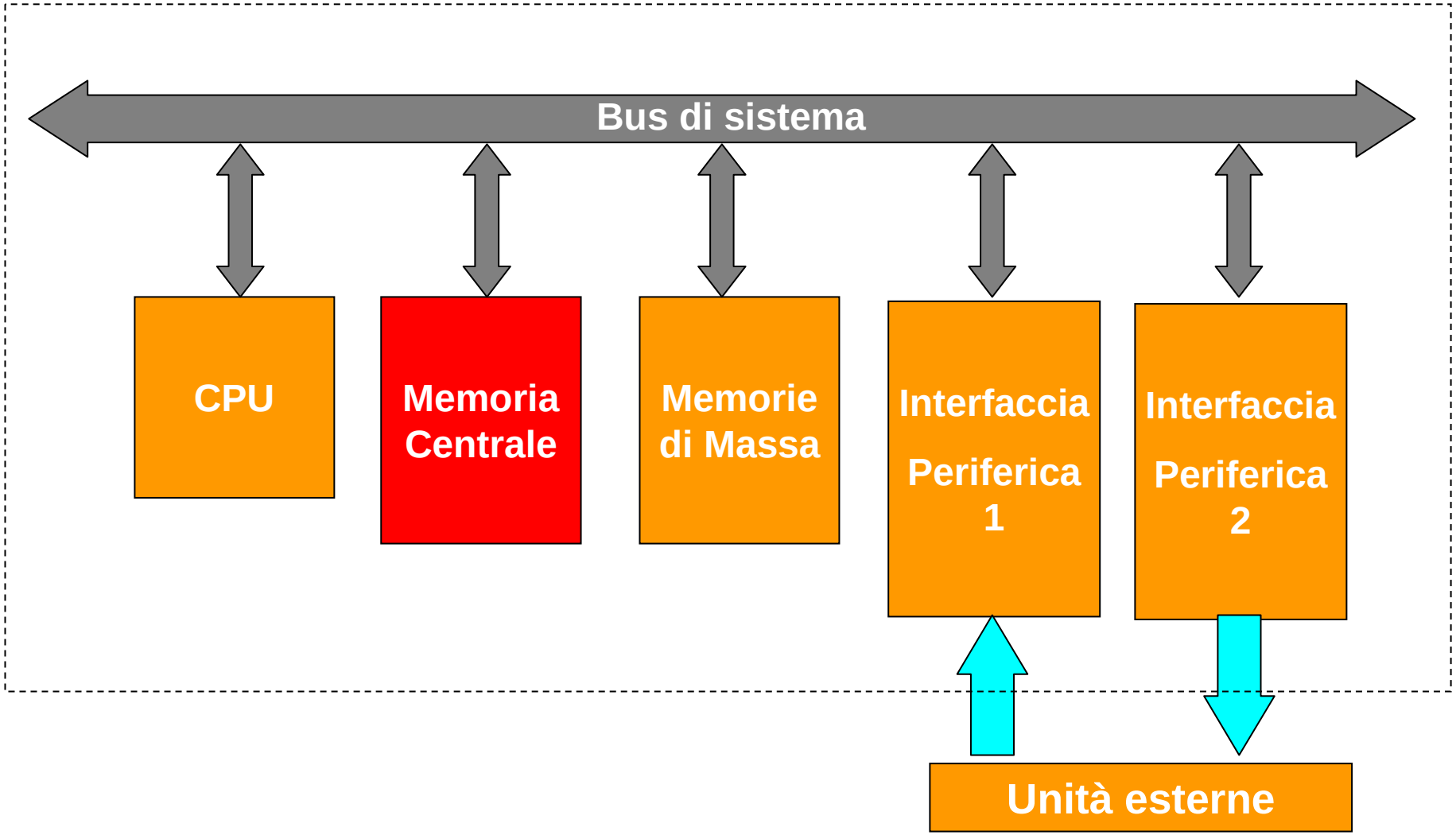
Componenti di un computer

- **Microprocessore (o CPU)**
  - Si tratta del componente che esegue le istruzioni dei vari programmi e sovrintende al funzionamento dell'intera macchina.
- **Memoria RAM** *(Random Access Memory):*
  - è la memoria dove vengono conservati i dati in corso di elaborazione (i documenti aperti) e le istruzioni del programma in esecuzione; si tratta di una memoria *temporanea o volatile* che si cancella completamente quando si spegne il computer.
- **Memoria ROM** *(Read Only Memory):*
  - è una memoria *permanente* di sola lettura che viene scritta una sola volta in fase di fabbricazione del computer, dopodiché non può essere più modificata (esistono però altre memorie, quali PROM, EPROM, FLASH, realizzate secondo una tecnologia che consente, in particolari condizioni, la cancellazione e riscrittura del contenuto). Vi vengono registrate le informazioni fisse, come ad esempio tabelle di conversione di codici o le istruzioni del programma di avviamento (boot) che si attiva all'accensione della macchina.
- **Hard Disk (o Disco Fisso)**
  - è l'unità di memoria permanente del computer, in cui si conservano tutti i documenti, i dati e i programmi. Viene usato come memoria di immagazzinamento (è detto per questo anche *memoria di massa).*

Unità periferiche

- Tutti i dispositivi che mettono in comunicazione (nel senso più ampio) il computer con l'esterno sono detti genericamente Periferiche oppure Dispositivi periferici di Input/Output (o di I/O, o di Ingresso/Uscita).
- Alcuni dispositivi sono solo di ingresso perché convogliano dati dall'esterno (come il mouse e la tastiera), altri sono solo di uscita (come il monitor e le casse audio), altri sono contemporaneamente di ingresso e di uscita (come i dischi o i touch screen).
- I dispositivi più comuni sono:
  - **Tastiera, Mouse, Monitor, Lettore CD-Rom** - quasi sempre presenti;
  - **Stampante** e **Audio** (casse, microfono) - spesso presenti, ma non essenziali per il funzionamento della macchina;
  - **Rete** (con collegamento diretto, oppure attraverso un Modem).
  - Inoltre possono essere presenti: **Masterizzatore**, **Scanner**, **Videocamera**, ecc.
  - Alcuni dei dispositivi di I/O, per poter essere collegati alla macchina, richiedono la presenza di una *scheda d'espansione* inserita all'interno del computer. Ad esempio il monitor richiede solitamente la presenza di una *scheda video,* le casse richiedono una *scheda audio,* ecc.

Modello di von Neumann: la memoria centrale



Organizzazione della memoria principale

La memoria principale è organizzata come un insieme di registri di uguale dimensione, ognuno dei quali è identificato tramite un numero progressivo ad esso associato, detto indirizzo.

Il contenuto dei registri non è immediatamente riconoscibile: non c'è distinzione esplicita tra istruzioni e dati e tra dati di tipo diverso.

Una istruzione o un dato possono risiedere su più registri consecutivi, se la dimensione del registro di memoria non è sufficiente.

Il parallelismo di accesso è definito dall'ampiezza del registro

0	**01101101**
1	**10010110**
2	**00111010**
3	**11111101**
	⋮
1022	**00010001**
1023	**10101001**

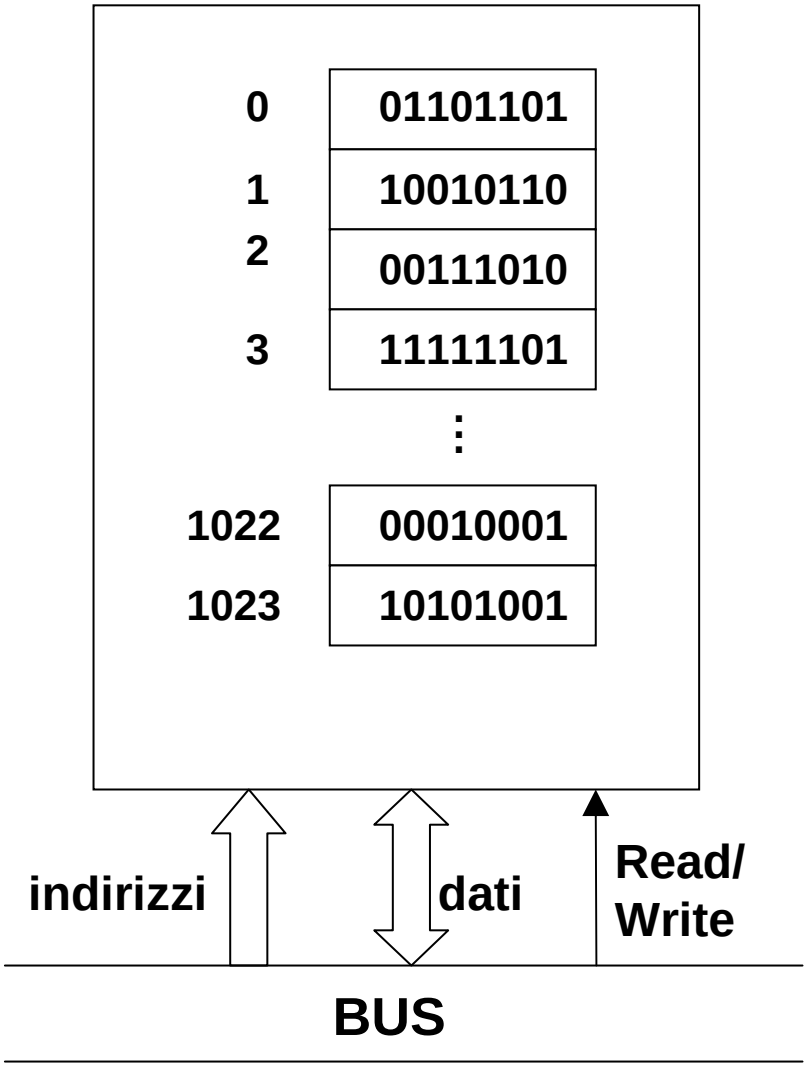
Quanti bit sono necessari per codificare un indirizzo ?

Organizzazione della memoria principale (2)

Il modulo di memoria principale è connesso al resto del sistema tramite il BUS.

In particolare, sono presenti tre gruppi di linee:

- linee indirizzi
- linee dati
- linee Read/Write



Operazioni sulla memoria principale

Le operazioni possibili sul modulo di memoria principale sono orientate ai registri:

- scrittura di un valore in un registro
- lettura del valore di un registro

In ogni operazione è quindi necessario specificare:

- su quale registro si intende compiere l'operazione $\rightarrow$ indirizzo
- che tipo di operazione si intende realizzare $\rightarrow$ Read/Write
- in caso di scrittura, quale sia il valore da memorizzare

Parametri della memoria principale

Capacità

Fornisce una misura della quantità di informazione che è possibile memorizzare. Questa dipende dall'ampiezza dei singoli registri e dal numero di registri contenuti.

La capacità delle memoria si misura in termini di byte e dei suoi multipli:

- il **KiloByte (KB)** pari a 1024 Byte (circa 1000 Byte)
- il **MegaByte (MB)** pari a 1.048.576 Byte (circa un milione di Byte)
- il **GigaByte (GB)** pari a 1.073.741.824 Byte (circa un miliardo di Byte)
- il **TeraByte (TB)** pari a 1.099.511.627.776 Byte (circa mille miliardi di Byte)

Tempo di accesso

E' il tempo minimo che intercorre tra due operazioni (accessi) in memoria. Dipende dalla tecnologia di realizzazione della memoria. Si misura in termini di secondi (nanosecondi = 10^{-9} secondi).

Tipologie di memorie

Memorie RAM

Con le memorie viste finora si possono realizzare operazioni sia di lettura che di scrittura. Tali memorie si indicano come memorie **RAM** (*Random Access Memory*) ed hanno la caratteristica di mantenere il loro contenuto finchè è presente l'alimentazione.

Esistono due tipi di memoria RAM:

RAM dinamica o DRAM (*Dynamic Random Access Memory)*

Alta densità di integrazione, economica, lenta, bassa potenza alimentazione

Dynamic: è necessario rigenerare i contenuti periodicamente (refresh)

RAM statica o SRAM (*Static Random Access Memory)*

Bassa densità di integrazione, costosa, veloce, alta potenza alimentazione

Static: il contenuto viene mantenuto finché è presente l'alimentazione

Tipologie di memorie (2)

Memorie ROM

All'interno del calcolatore, alcuni programmi e dati (es. i programmi per l'avvio all'accensione) devono rimanere memorizzati anche quando l'alimentazione viene a mancare. Questi sono, inoltre, programmi e dati che, una volta memorizzati, non devono essere più modificati.

Per questo tipo di esigenze si utilizzano memorie **ROM** (*Read Only Memory*), i cui contenuti sono inseriti una volta per sempre all'atto della loro costruzione e non possono più essere modificati o cancellati.

Organizzazione del Sistema di Memoria

Requisiti ideali di un sistema di memoria:

capacità infinita

velocità infinita

Evidenza:

→ le memorie capienti ed economiche (DRAM) sono lente

→ le memorie veloci (SRAM) sono costose e meno integrabili

Come realizzare un sistema di memoria che sia capiente, economico e veloce ?

➡ **Un sistema basato su una gerarchia di memoria**

La memoria cache

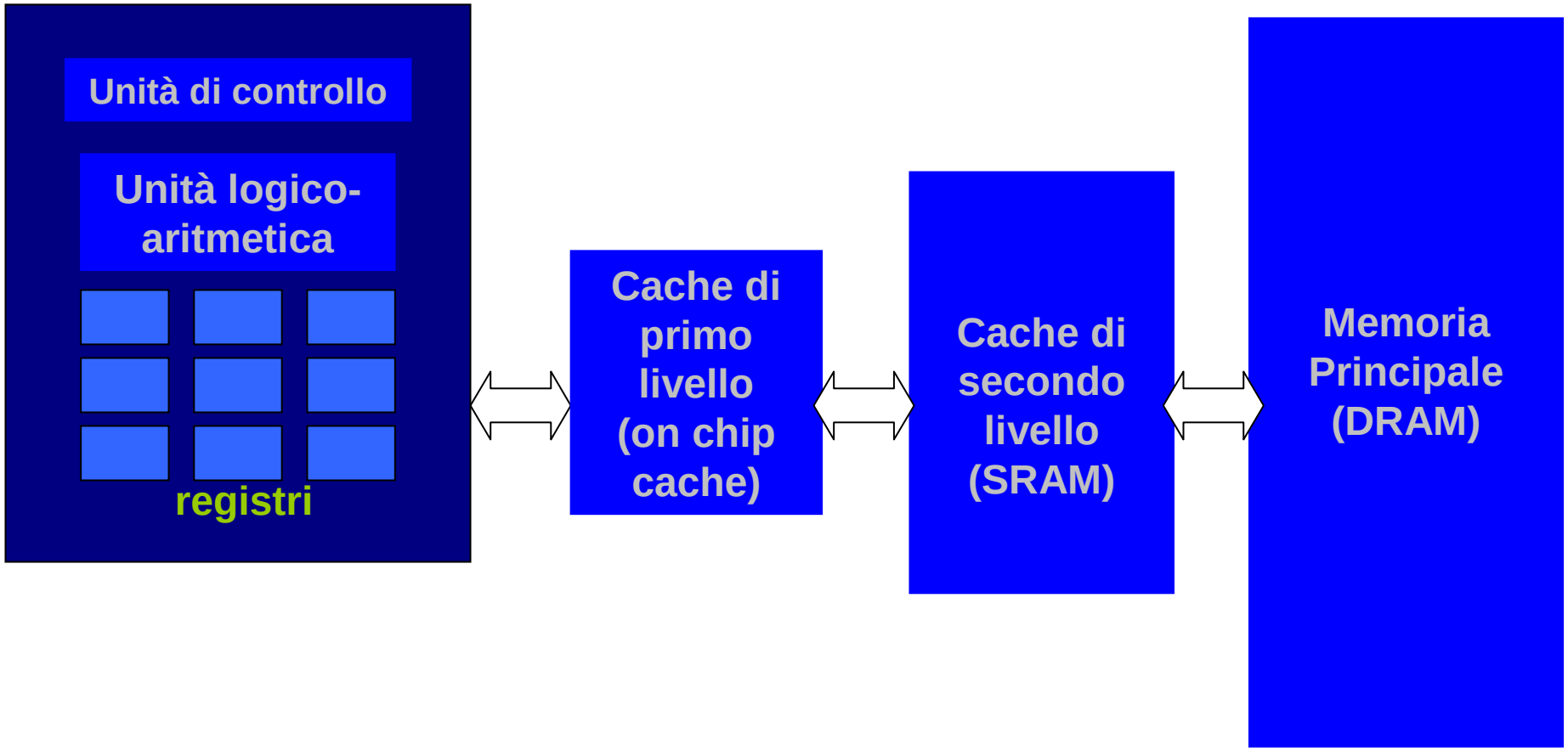
Il sistema di memoria è composto da moduli di memoria con caratteristiche diverse e organizzati a livelli.

Tra CPU e memoria principale viene posto un modulo di memoria intermedio (**cache**), ad accesso veloce, ma di capienza limitata.

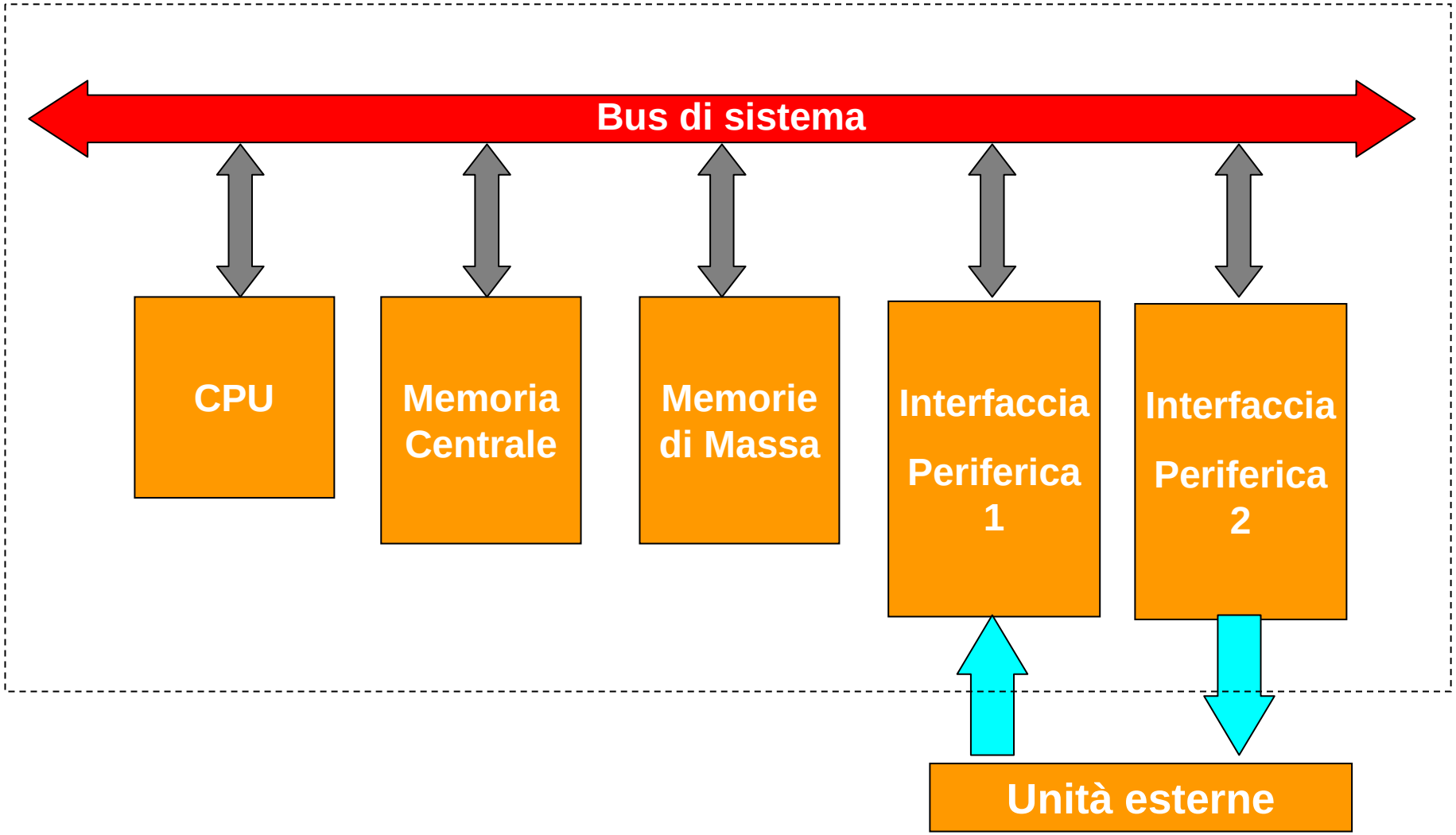
I dati memorizzati sono distribuiti sui vari moduli e possono essere trasferiti tra moduli adiacenti.

La distribuzione è realizzata in maniera da cercare di memorizzare i dati e le istruzioni richiesti più frequentemente nella cache, in modo che la CPU possa accedervi velocemente.

Sistema di memoria in un calcolatore attuale



Modello di von Neumann: il bus



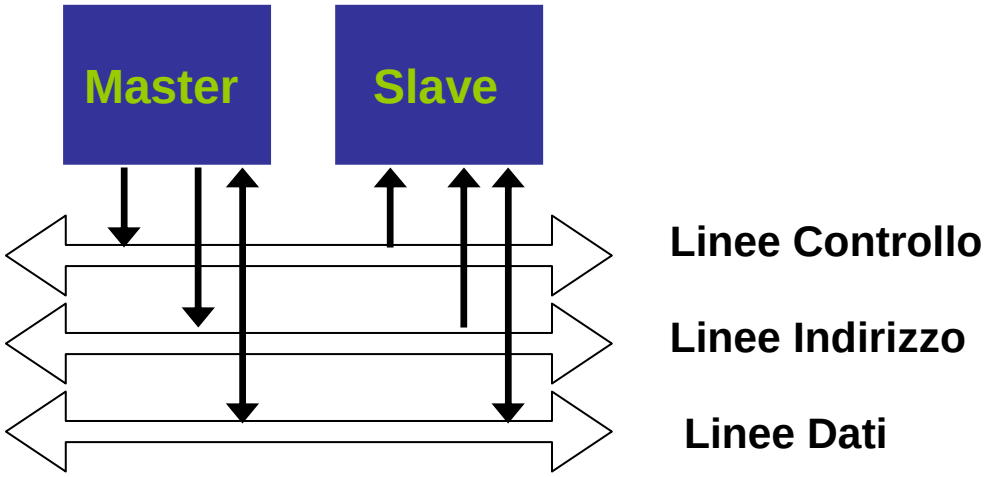
Il bus

Forma un canale di comunicazione tra le varie unità del calcolatore.

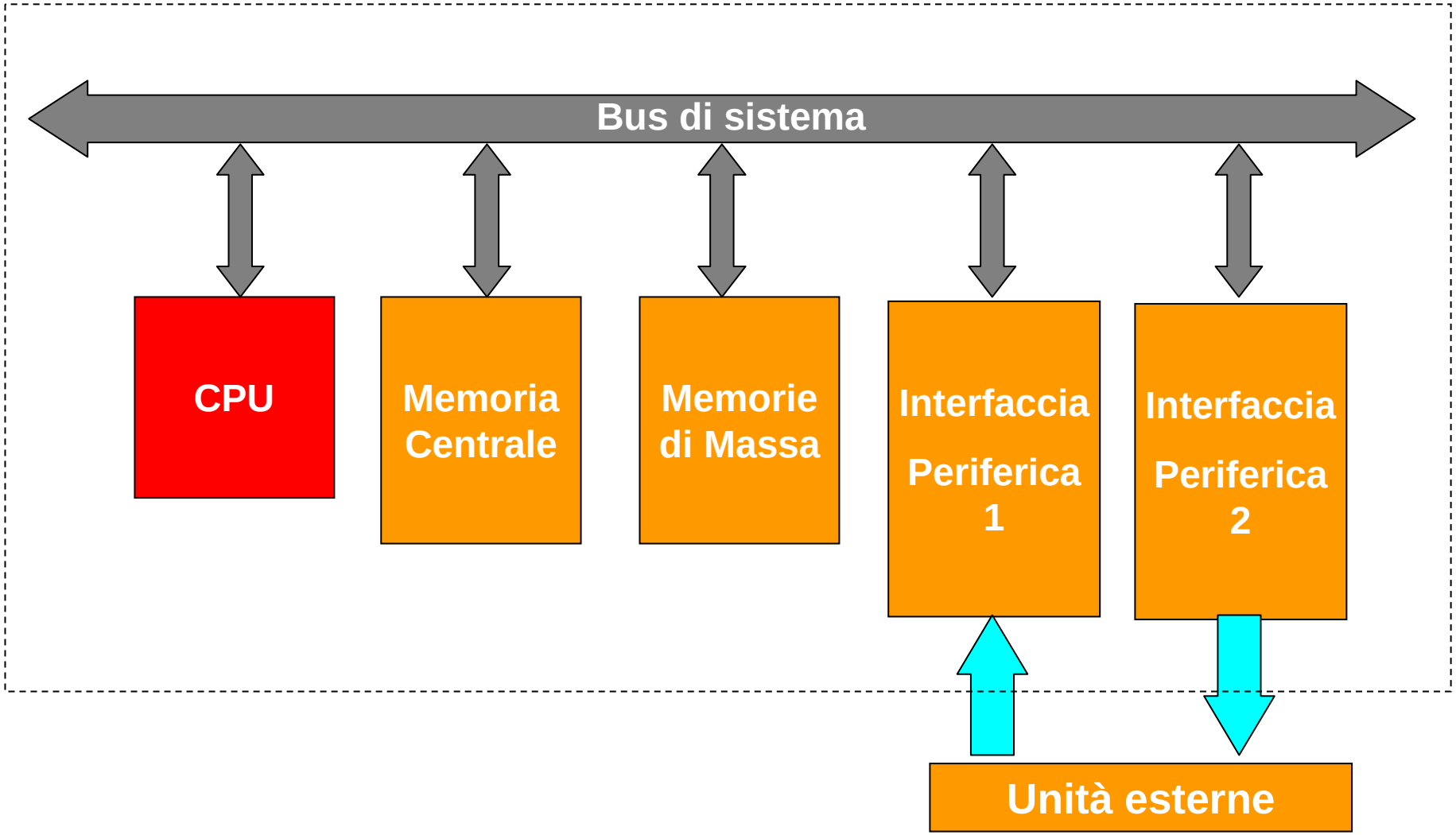
Tipicamente è possibile un solo colloquio alla volta tra due unità: un **master**, che ha la capacità di controllare il bus ed inizia la comunicazione, ed uno **slave**, che viene attivato dal master.

Il bus è formato da un insieme di linee su cui viaggiano i segnali. Le linee si dividono in

- linee dati
- linee indirizzi
- linee controllo



Modello di von Neumann: la CPU



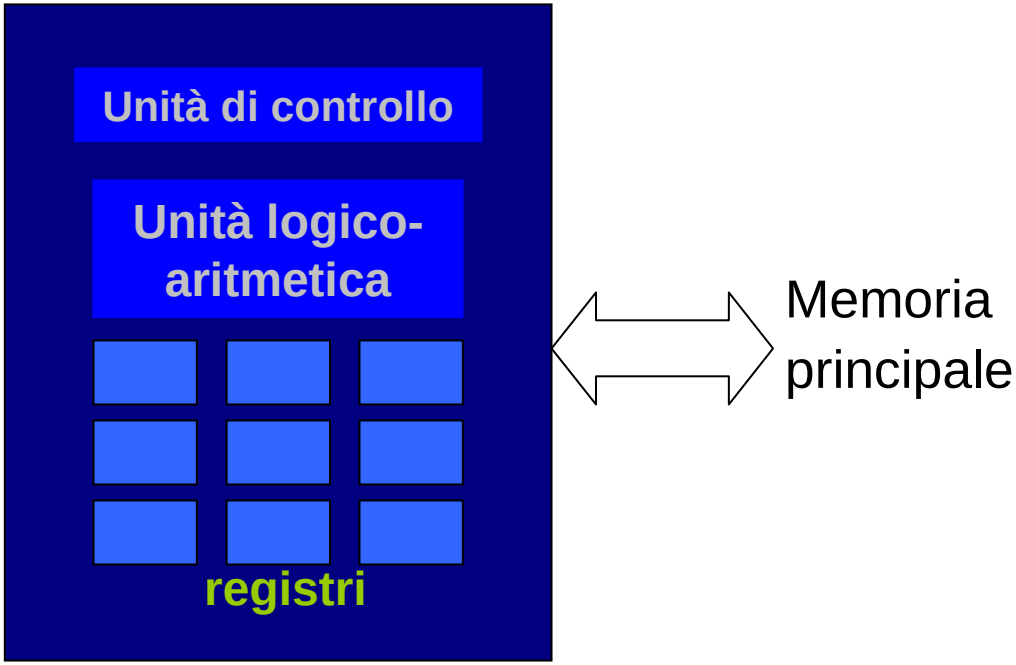
CPU (Central Processing Unit)

Funzione:

eseguire i programmi immagazzinati in memoria principale prelevando le istruzioni (e i dati relativi), interpretandole ed eseguendole una dopo l'altra

E' formata da:

- **unità di controllo**
- **unità logico aritmetica**
- **registri**



La CPU è inoltre caratterizzata dall'insieme delle istruzioni che può eseguire (instruction set)

L'Unità di controllo (1/2)

E' l'unità che si occupa di dirigere e coordinare le attività interne alla CPU che portano all'esecuzione di una istruzione

Ciclo del processore

L'esecuzione di una istruzione avviene attraverso alcune fasi:

Fetch
L'istruzione da eseguire viene prelevata dalla memoria e trasferita all'interno della CPU

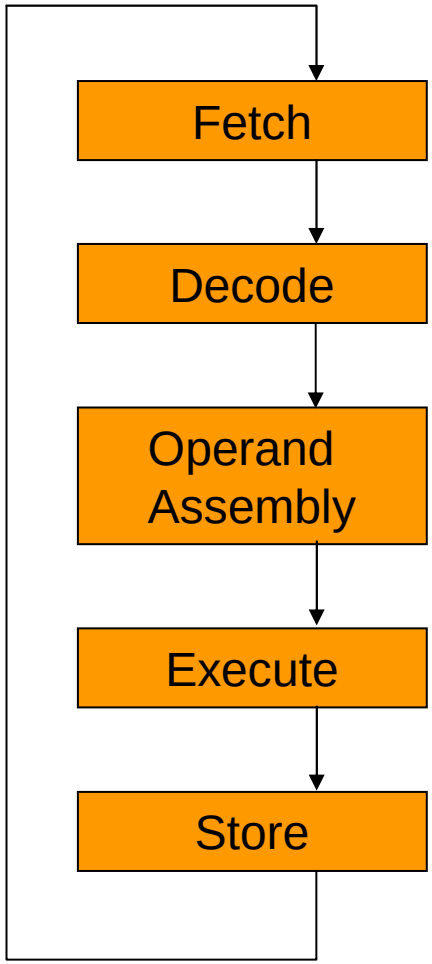
Decode
L'istruzione viene interpretata e vengono avviate le azioni interne necessarie per la sua esecuzione

Operand Assembly
Vengono prelevati dalla memoria i dati su cui eseguire l' operazione prevista dalla istruzione

Execute
Viene portata a termine l'esecuzione dell'operazione prevista dalla istruzione

Store
Viene memorizzato il risultato dell'operazione prevista dalla istruzione

L'Unità di controllo (2/2)



L'unità di controllo realizza in ciclo le fasi per eseguire la sequenza di istruzioni che costituiscono il programma

L'Unità Logico Aritmetica

E' l'unità che si occupa di realizzare le operazioni logiche ed aritmetiche eventualmente richieste per eseguire un'istruzione

Operazioni Aritmetiche

ADD

SUB

MUL

DIV

REM

SET

Operazioni Logiche

CMP

AND

OR

NOT

I registri

Hanno la funzione di memorizzare all'interno della CPU dati e istruzioni necessari all'esecuzione

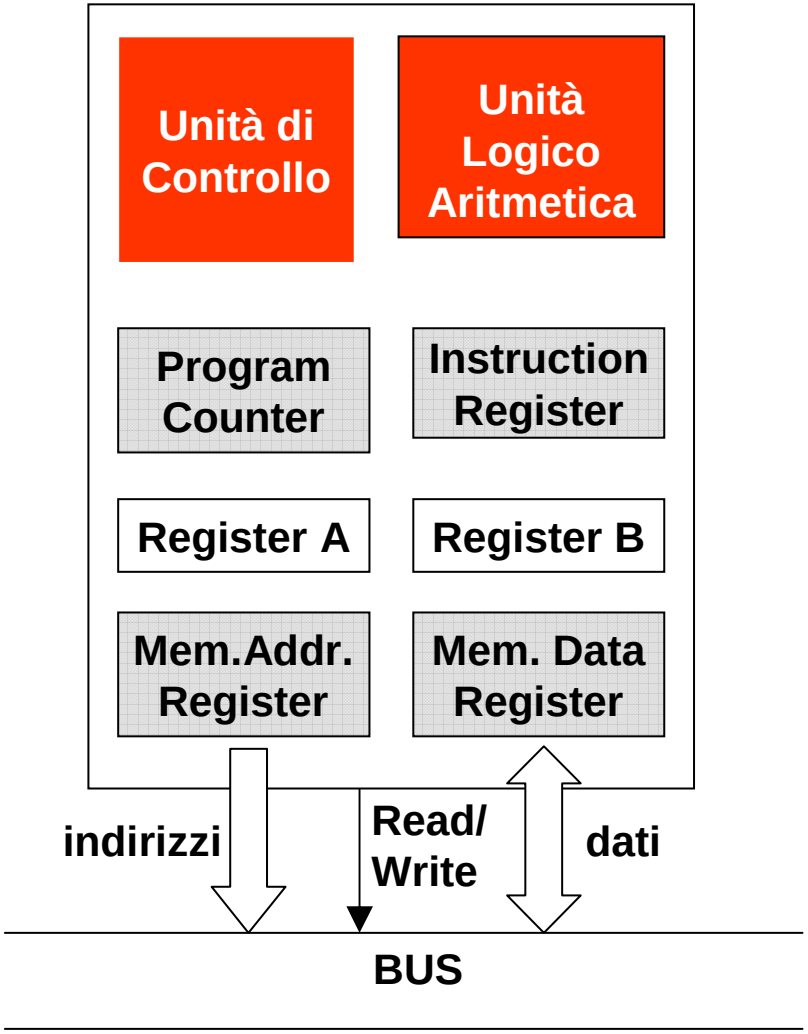
- **Registri generali**
- **Registri speciali**
  - Program Counter (PC)
  - Mem. Address Reg. (MAR)
  - Mem. Data Register (MDR)
  - Istrunction Register (IR)

I registri speciali non sono accessibili dalle istruzioni

Connessione della CPU con il sistema

I vari componenti interni della CPU sono comunicanti tramite connessioni interne.

La CPU è connessa al resto del sistema tramite il BUS (linee indirizzi, dati e controllo).



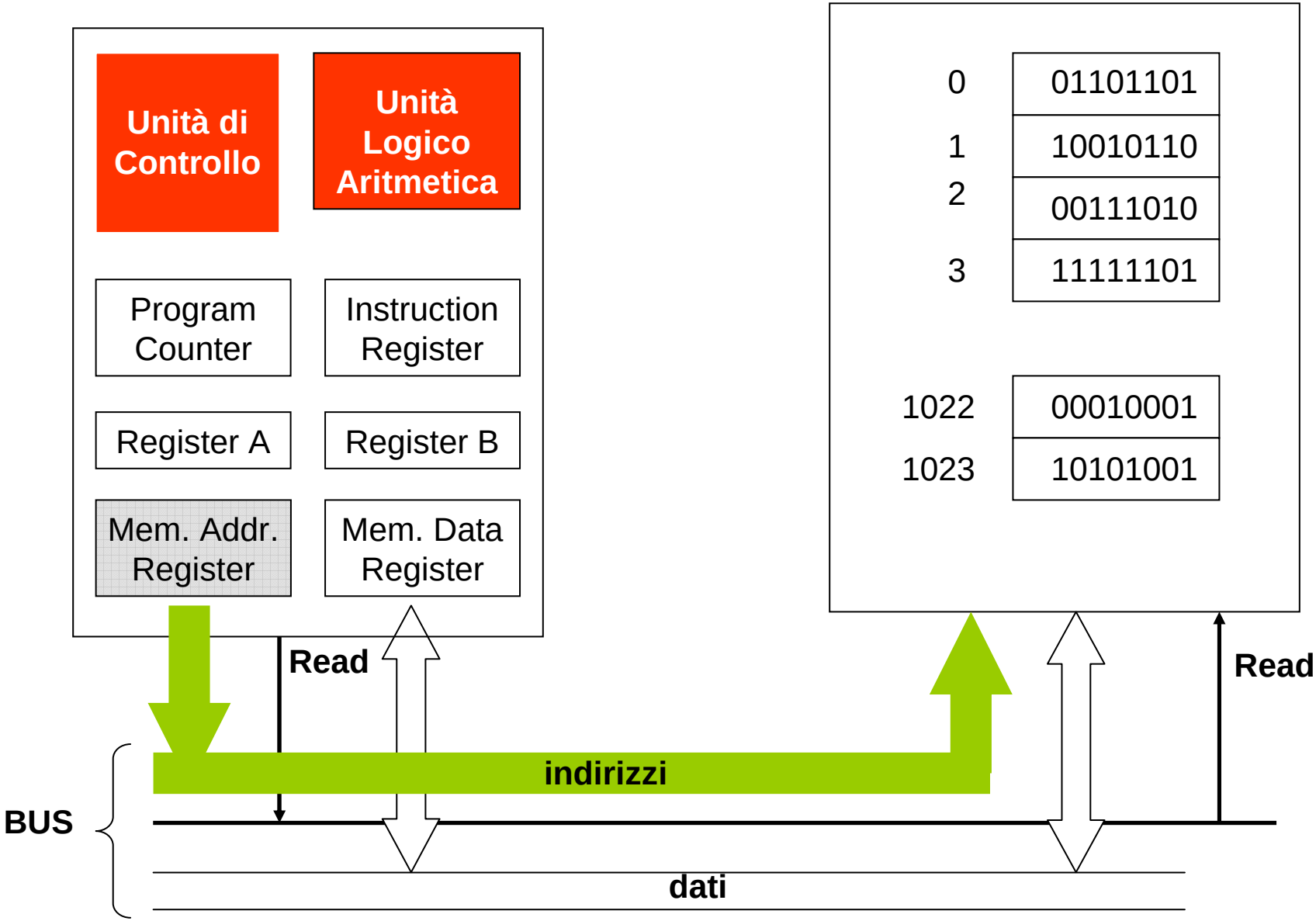
Trasferimento CPU-memoria

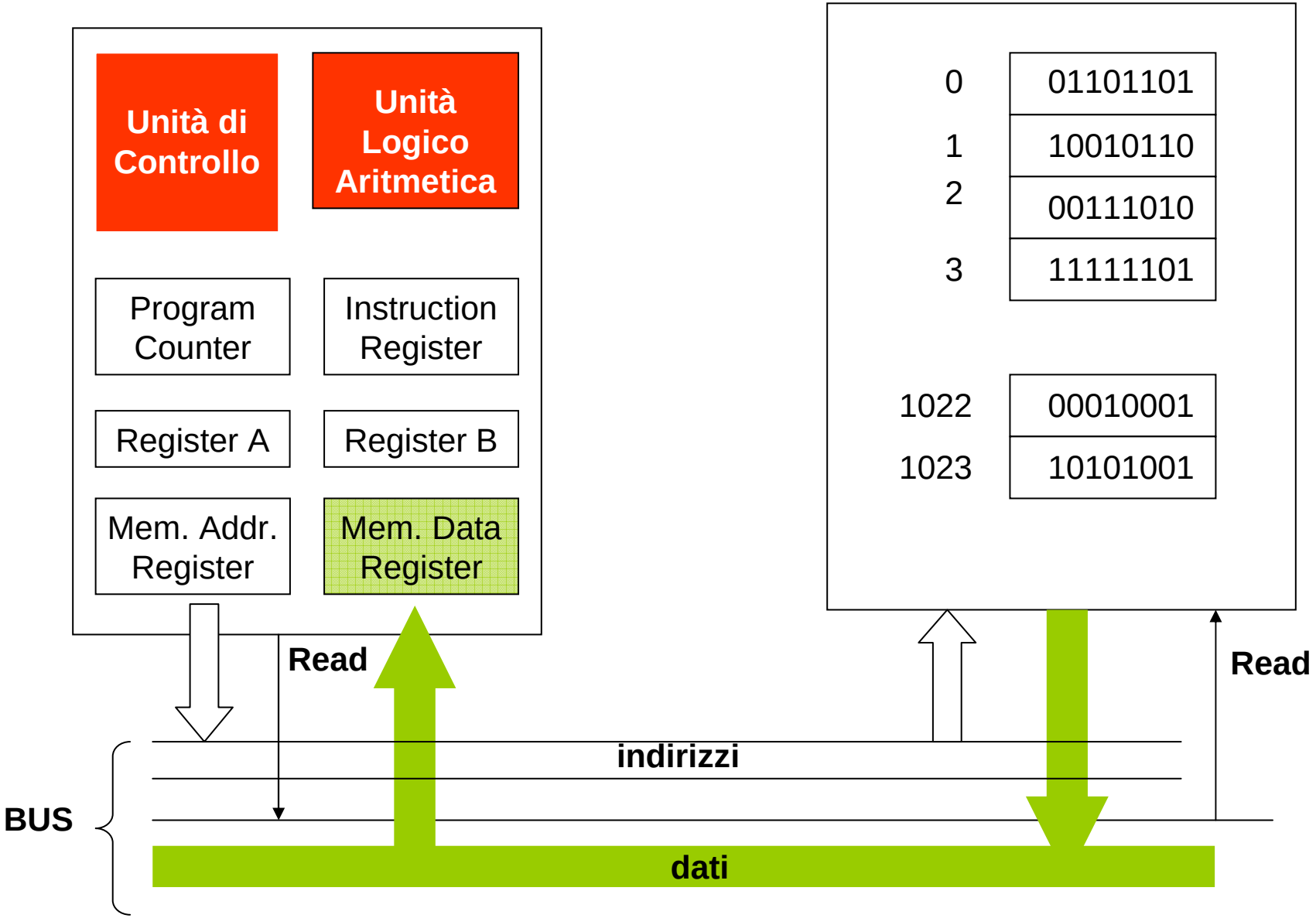
Qualunque sia il trasferimento da realizzare, la CPU (master) deve precisare l'indirizzo del dato da trasferire.

In queste operazioni, la memoria è comunque uno slave e "subisce" l'iniziativa della CPU, ricevendo da questa l'indirizzo del dato da trasferire e l'informazione sull'operazione da realizzare (lettura o scrittura)

Trasferimento memoria → CPU (lettura)

1) la CPU scrive l'indirizzo del dato da trasferire sul MAR che lo propagherà alle linee indirizzi del bus. Contemporaneamente, segnala sulle linee di controllo che si tratta di una lettura.
2) la memoria riceve, tramite il bus, l'indirizzo e l'indicazione dell'operazione da effettuare. Copia il dato dal registro individuato sulle linee dati del bus.
3) il dato richiesto, tramite le linee dati del bus, arriva al MDR della CPU. Da qui sarà spostato verso gli altri registi interni.

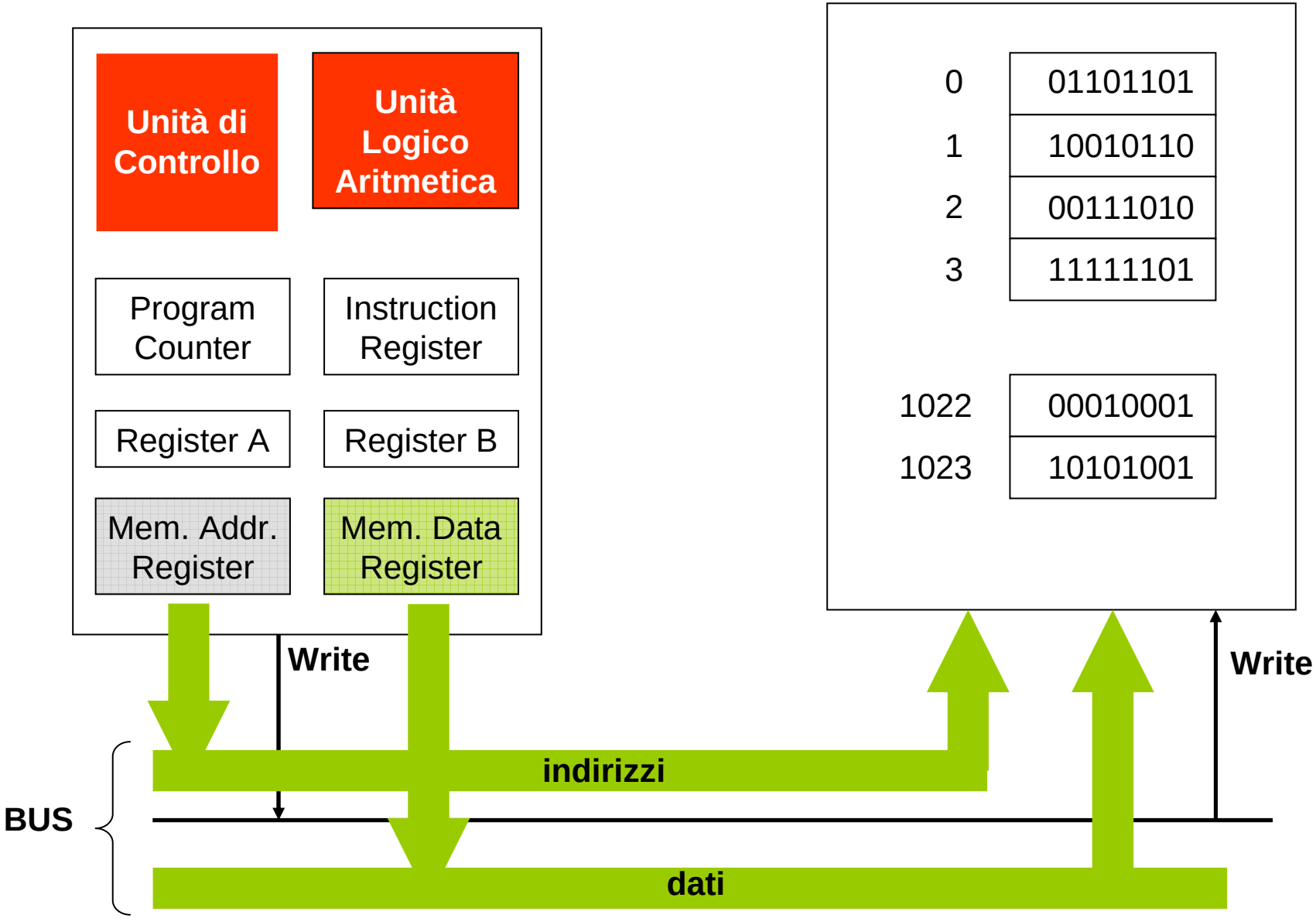

Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
Program Counter
Instruction Register
Register A
Register B
Mem. Addr. Register
Mem. Data Register
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1022
00010001
1023
10101001
Read
Read
indirizzi
BUS
dati

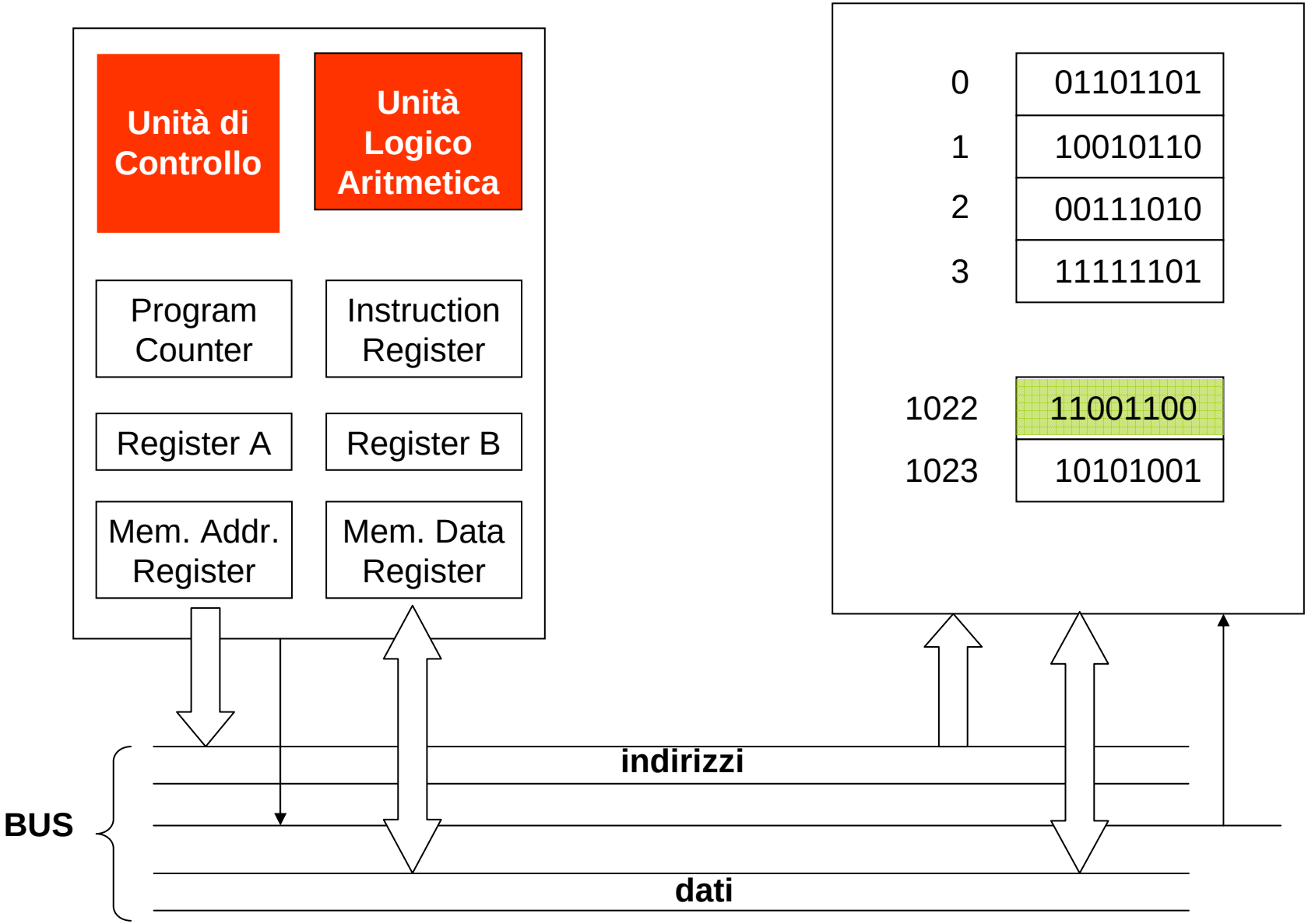

Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
Program Counter
Instruction Register
Register A
Register B
Mem. Addr. Register
Mem. Data Register
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1022
00010001
1023
10101001
Read
Read
indirizzi
BUS
dati

Trasferimento CPU → memoria (scrittura)

1) la CPU scrive l'indirizzo del dato da trasferire sul MAR, mentre il dato viene copiato sul MDR. Il contenuto dei due registri viene propagato sulle linee indirizzi e dati del bus. Contemporaneamente, la CPU segnala sulle linee di controllo che si tratta di una scrittura.

2) la memoria riceve, tramite il bus, l'indirizzo, il dato e l'indicazione dell'operazione da effettuare. Copia il dato dalle linee dati del bus al registro individuato dall'indirizzo.


Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
Program Counter
Instruction Register
Register A
Register B
Mem. Addr. Register
Mem. Data Register
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1022
00010001
1023
10101001
Write
Write
indirizzi
BUS
dati


Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
Program Counter
Instruction Register
Register A
Register B
Mem. Addr. Register
Mem. Data Register
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1022
11001100
1023
10101001
indirizzi
BUS
dati

Esempio di esecuzione di una istruzione

Consideriamo un'istruzione del tipo:

ADD (1021),(1022),1023

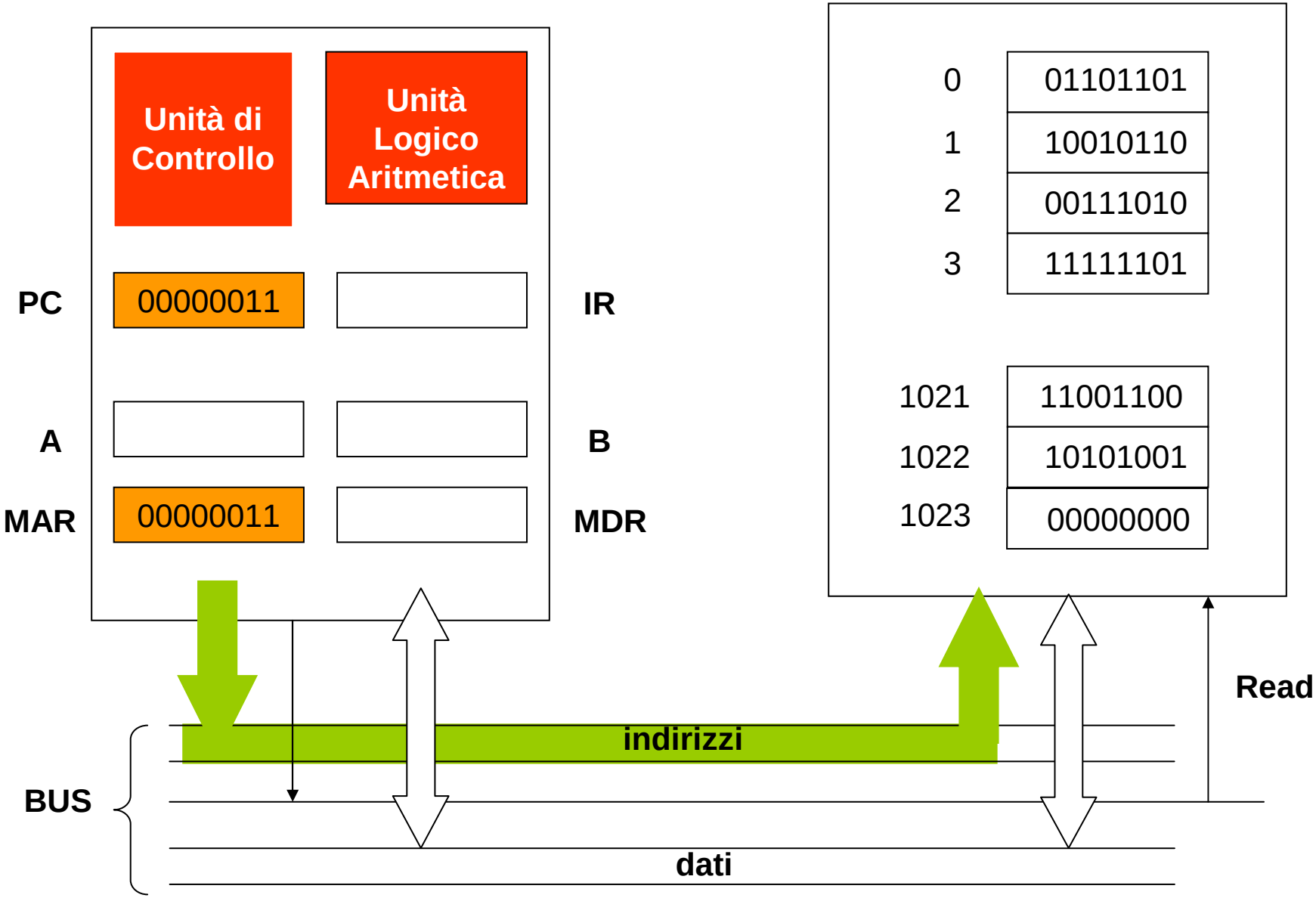
Il cui significato è:

"somma i valori che trovi nei registri di memoria di indirizzo 1021 e di indirizzo 1022 e memorizza il risultato nel registro di indirizzo 1023".

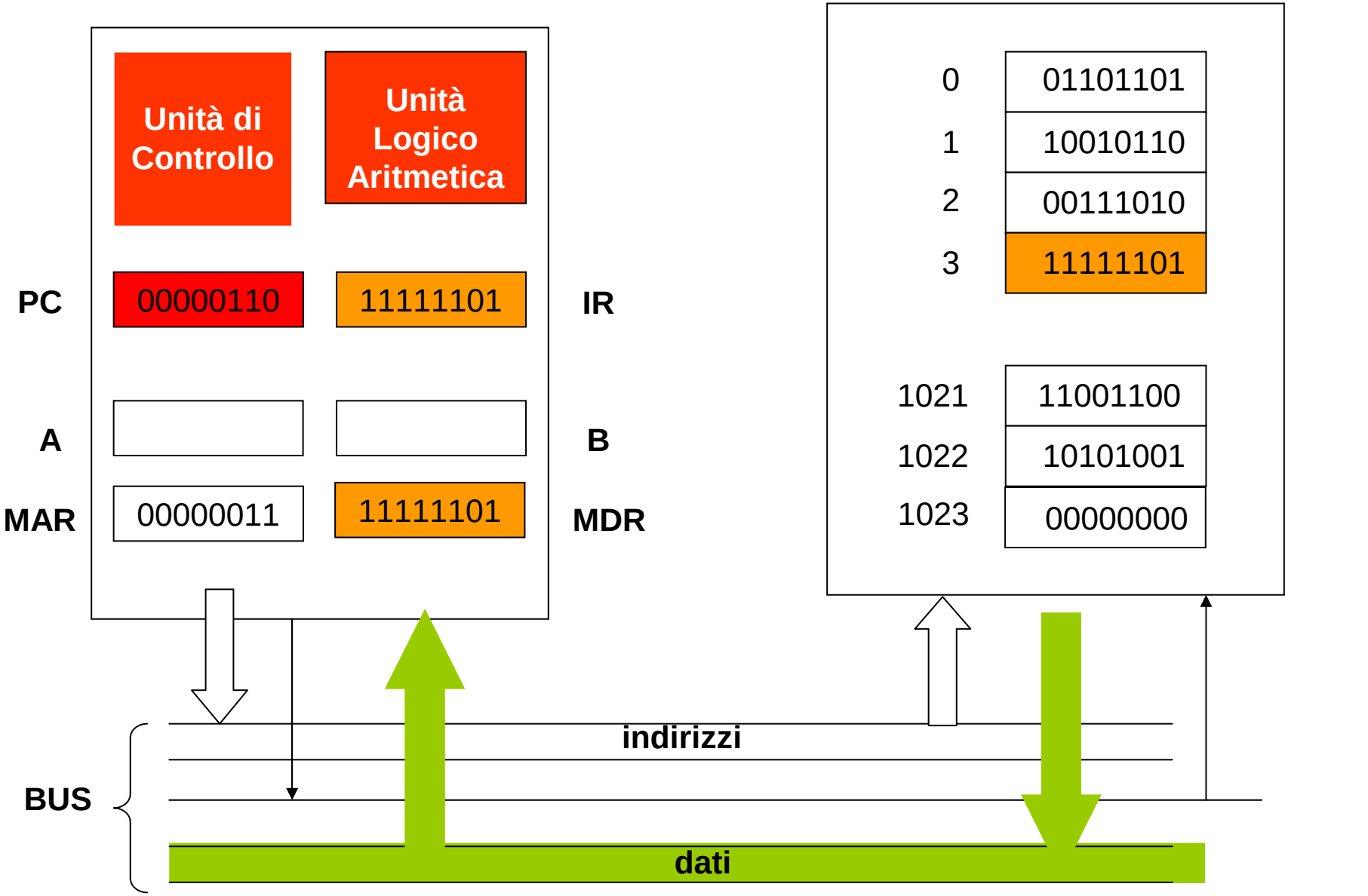
Supponiamo inoltre che l'istruzione si trovi memorizzata nel registro di memoria di indirizzo 3.

Consideriamo le varie fasi necessarie per l'esecuzione di questa istruzione…

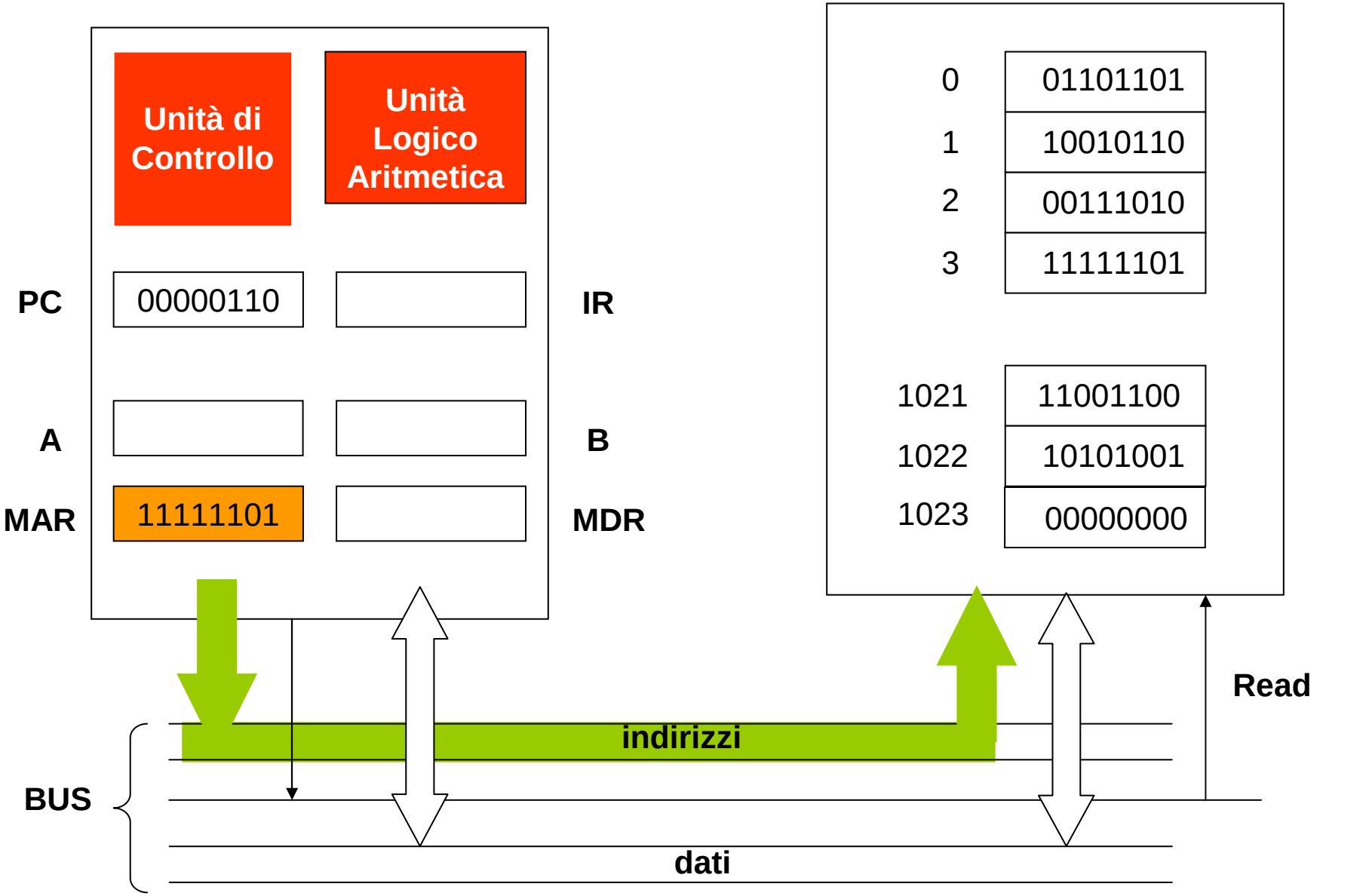
Fase FETCH


Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
PC
00000011
IR
A
B
MAR
00000011
MDR
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1021
11001100
1022
10101001
1023
00000000
Read
indirizzi
BUS
dati

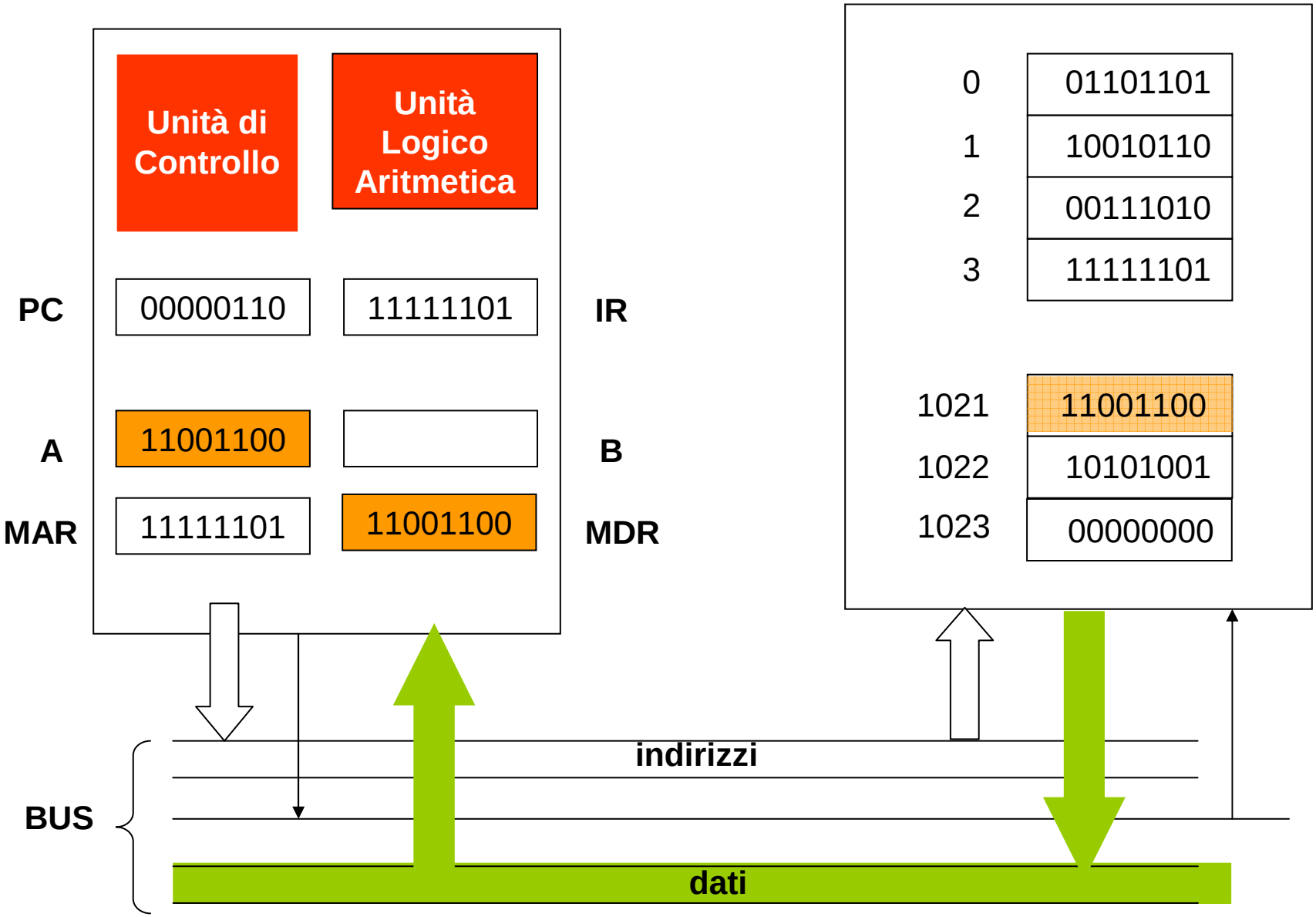
Fase FETCH


Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
PC
00000110
11111101
IR
A
B
MAR
00000011
11111101
MDR
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1021
11001100
1022
10101001
1023
00000000
BUS
indirizzi
dati

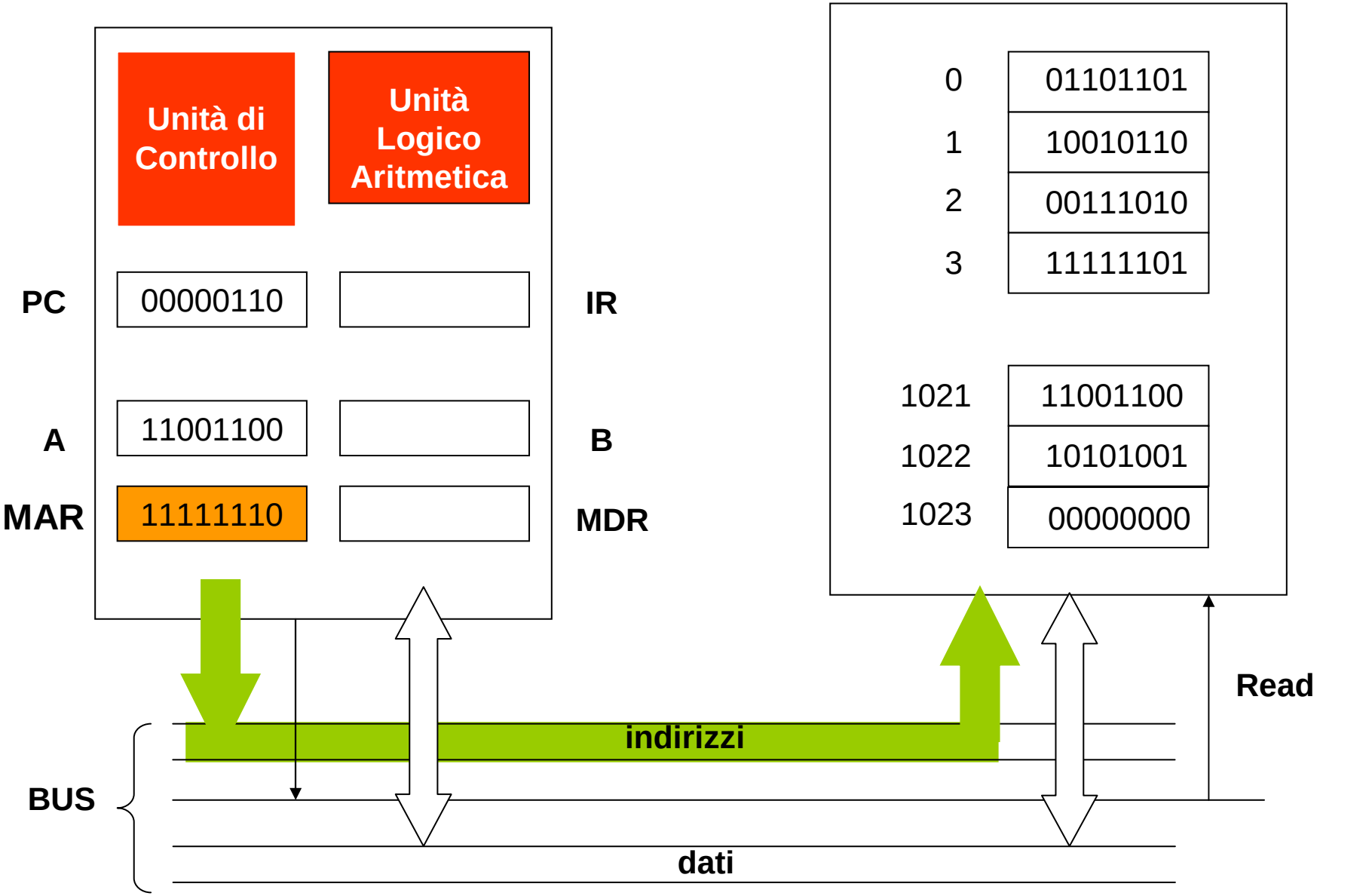
Fase OPERAND ASSEMBLY



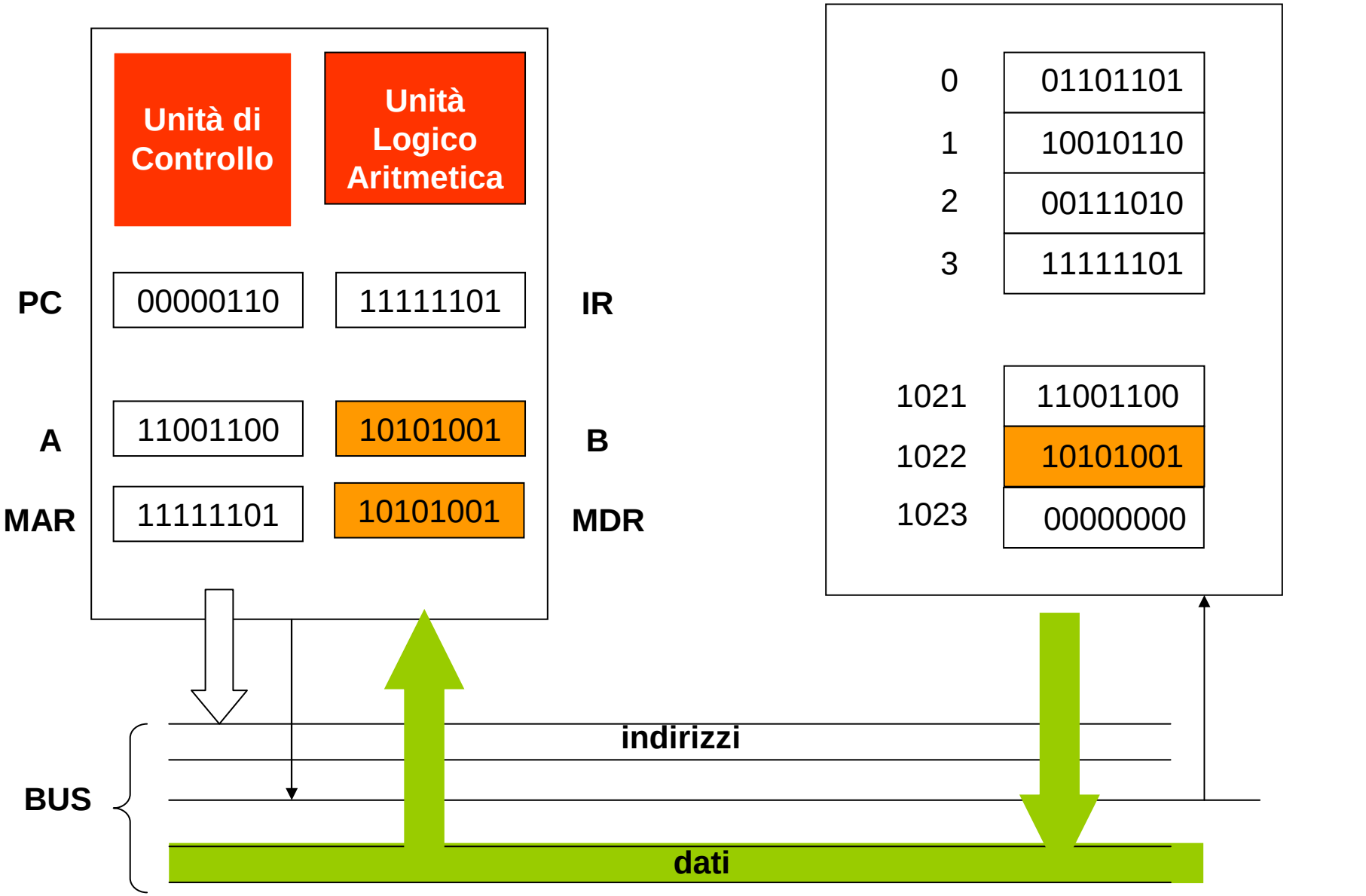
Fase OPERAND ASSEMBLY



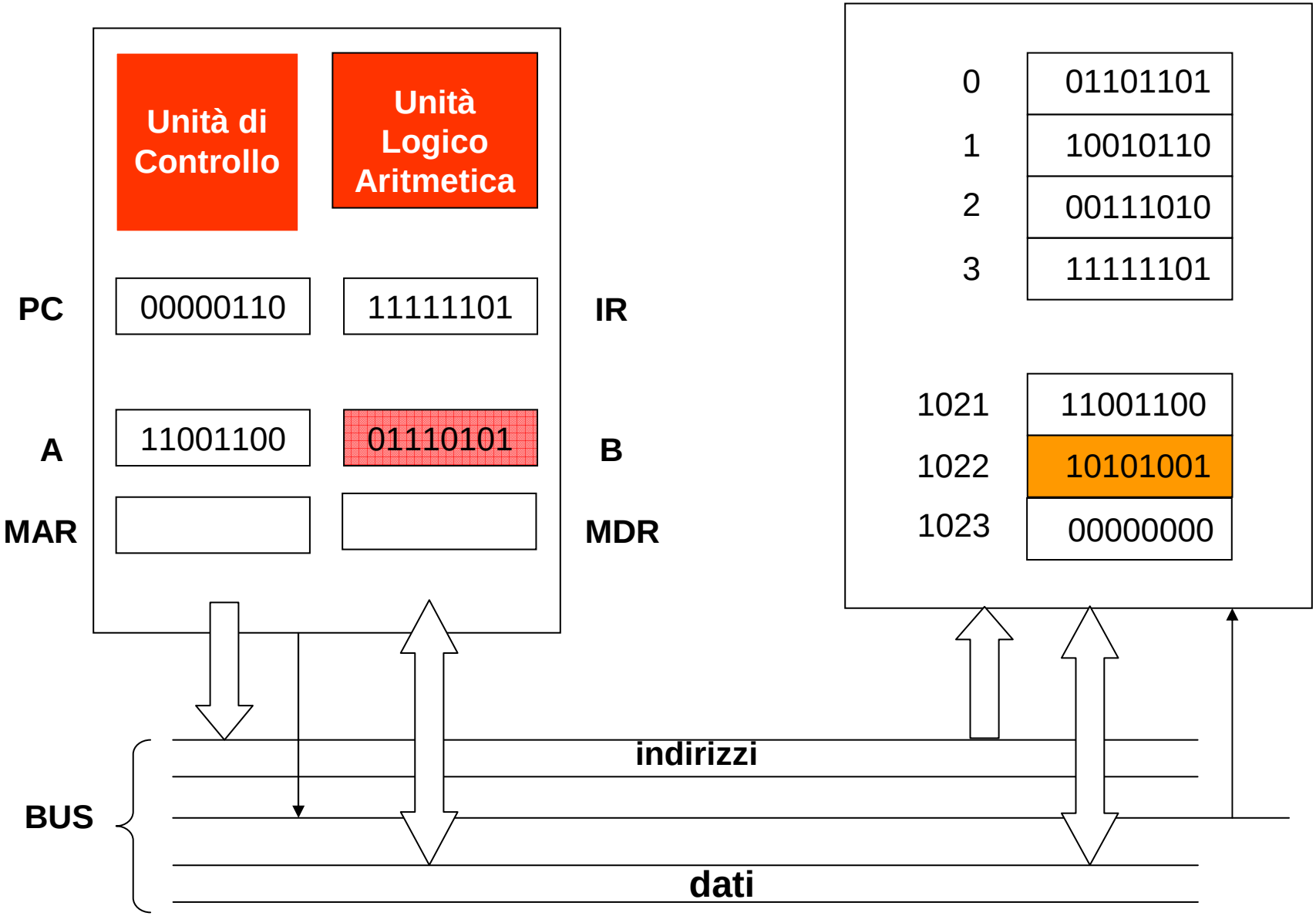
Fase OPERAND ASSEMBLY



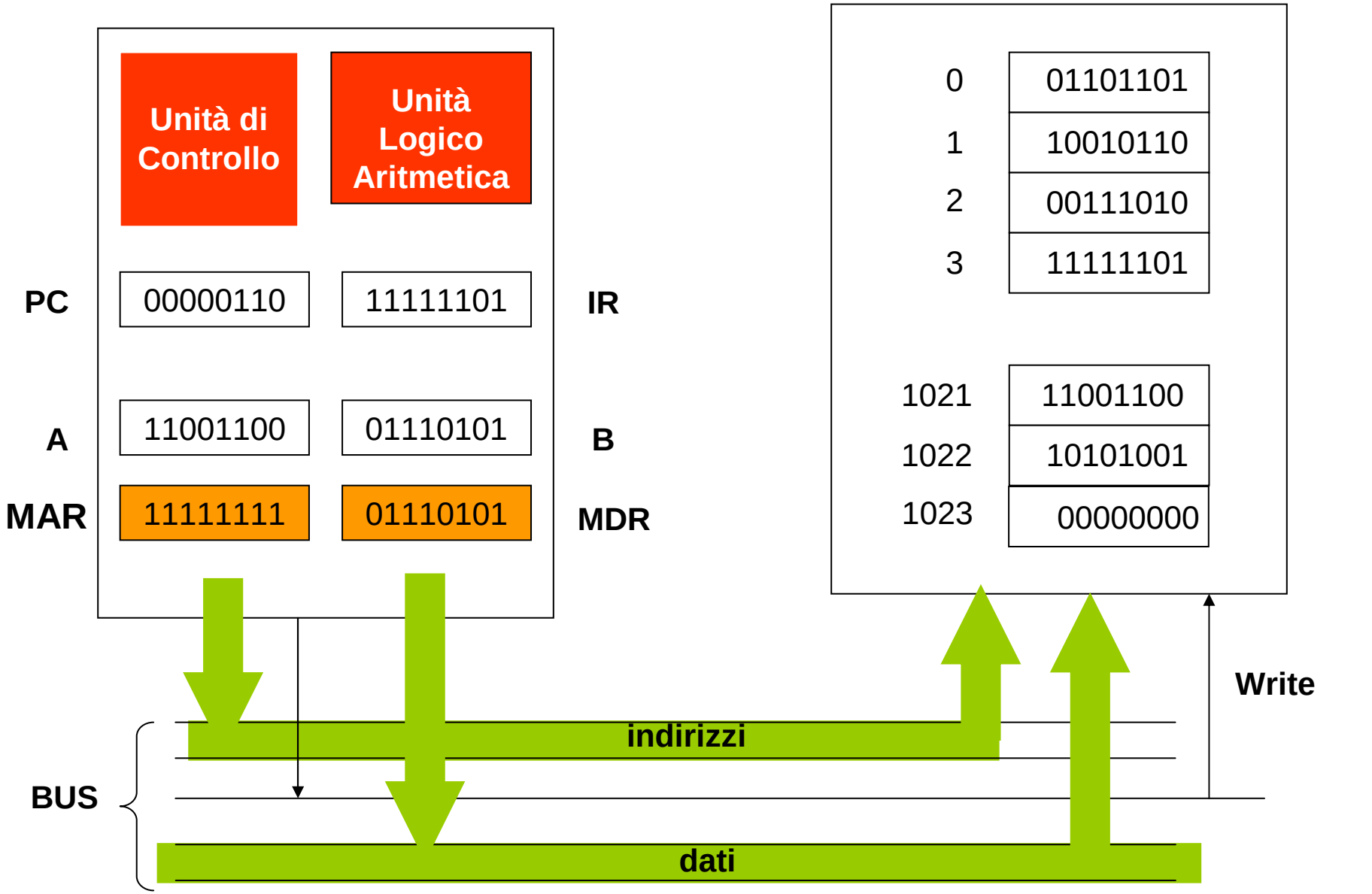
Fase OPERAND ASSEMBLY



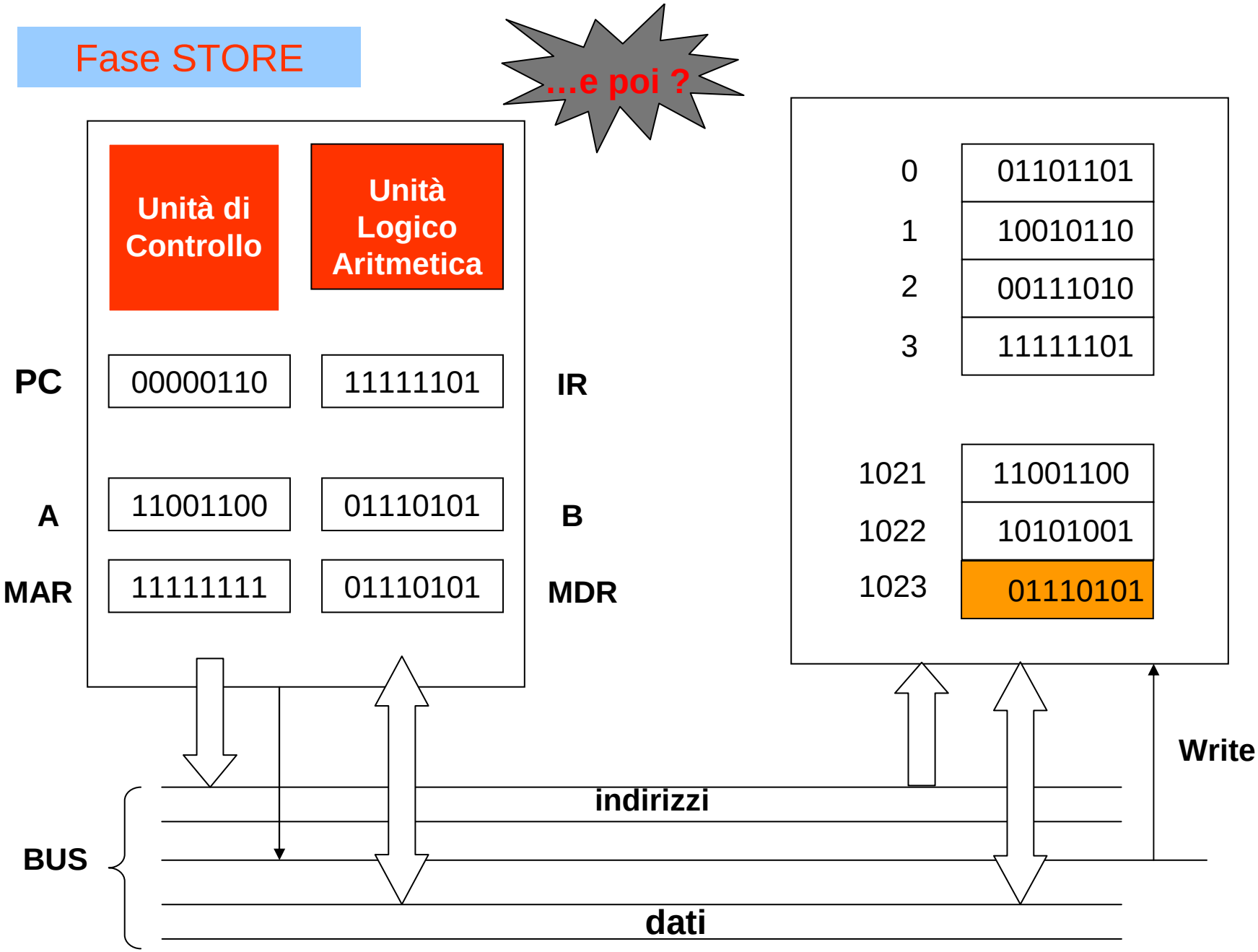
Fase EXECUTE



Fase STORE

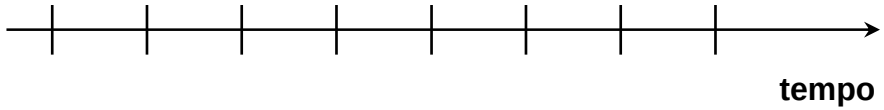

Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
PC
00000110
11111101
IR
A
11001100
01110101
B
MAR
11111111
01110101
MDR
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1021
11001100
1022
10101001
1023
00000000
Write
indirizzi
BUS
dati

Fase STORE


...e poi ?
Unità di Controllo
Unità Logico Aritmetica
PC
00000110
11111101
IR
A
11001100
01110101
B
MAR
11111111
01110101
MDR
0
01101101
1
10010110
2
00111010
3
11111101
1021
11001100
1022
10101001
1023
01110101
Write
indirizzi
BUS
dati

Clock

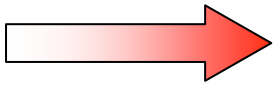
- La CPU è sincronizzata da un orologio interno che procede a velocità costante (clock)
- I "clock ticks" definiscono gli istanti possibili per la progressione dei singoli passi eseguiti deal processore:



- tempo di ciclo= intervallo tra due ticks = secondi per ciclo
- clock rate (frequenza) = cicli al secondo (1 Hz. = 1 ciclo/sec)

1 MegaHertz= 1MHz = 10^6 cicli/sec

1 GigaHertz = 1GHz = 10^9 cicli/sec

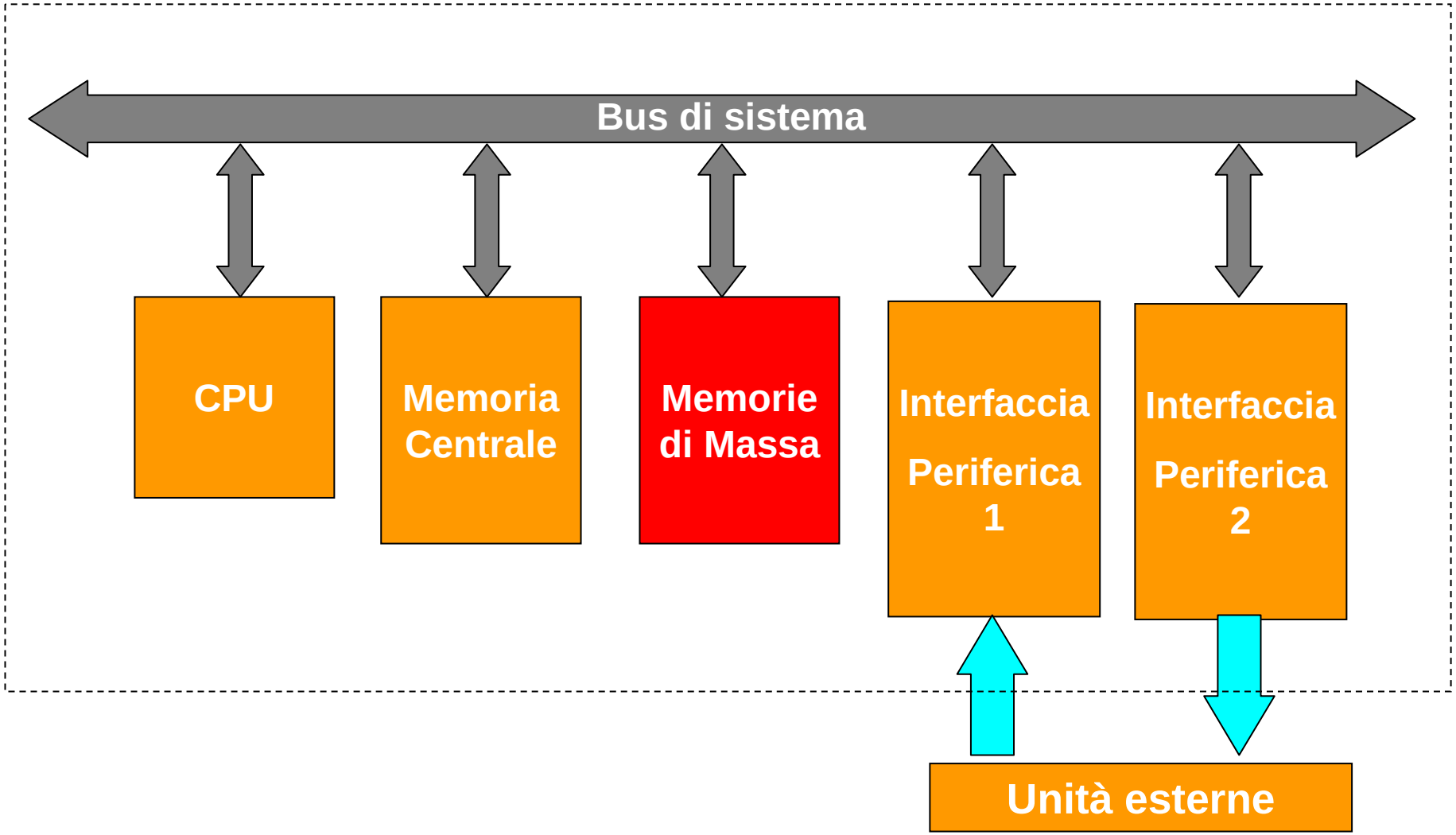


Frequenze di clock maggiori indicano CPU più veloci

Prestazioni della CPU

- Oltre alla frequenza di clock, esistono altri parametri per misurare le prestazioni della CPU
- Per esempio, il **numero di istruzioni eseguite al secondo**, che si misura in **MIPS** (milioni di istruzioni eseguite al secondo)

Modello di von Neumann: le memorie di massa



Le memorie di massa

- A rigore, nel modello di von Neumann le memorie di massa sono incluse fra le periferiche, visto che l'interazione con il resto del sistema è analoga ai dispositivi collegati verso l'esterno.
- Comunque, vista il ruolo particolare che le memorie di massa rivestono, vengono considerate come unità funzionali a sé stanti.

Le memorie di massa

Sono le unità che permettono la memorizzazione *non volatile* di grosse moli di dati.

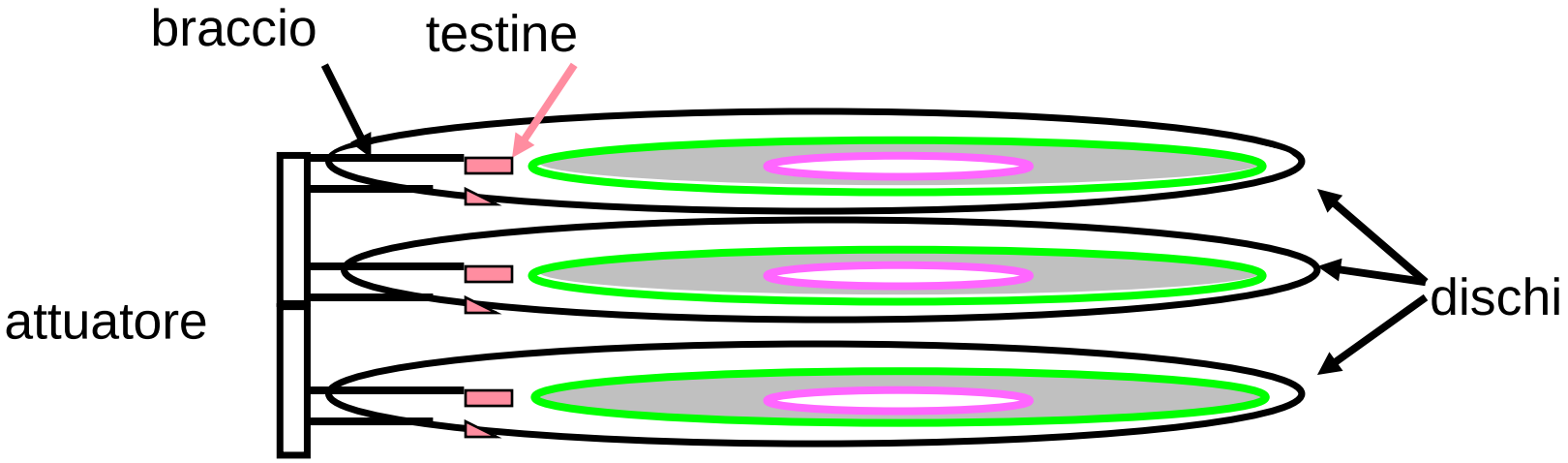
Rispetto alla memoria principale
- hanno una capacità molto maggiore
- hanno una minore velocità di accesso

La tecnologia utilizzata per la registrazione è di tipo magnetico e ottico.
Il supporto è tipicamente un disco.

Hard disk

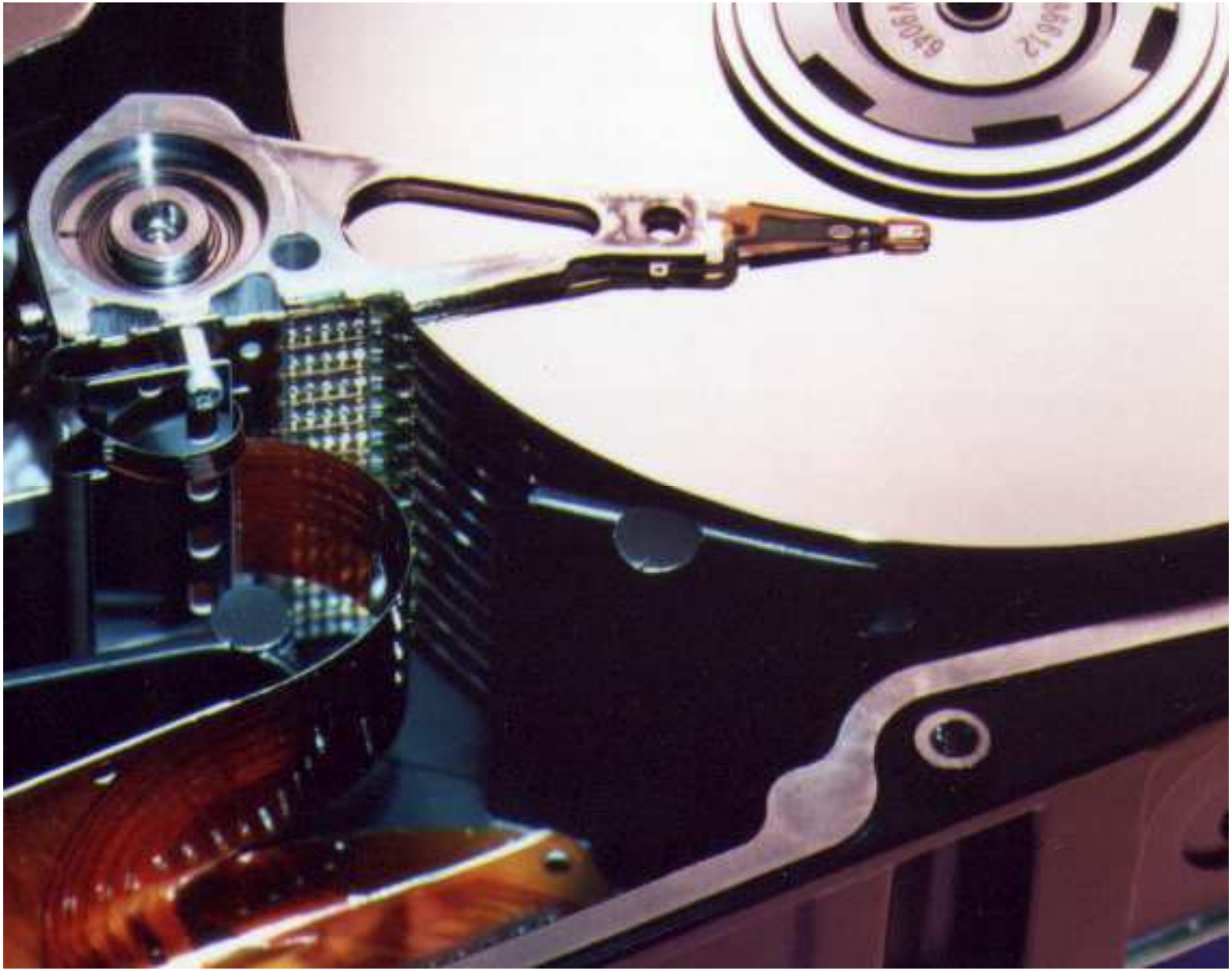
Cover Mounting Holes
(Cover not shown)
Base Casting
Spindle
Slider (and Head)
Actuator Arm
Actuator Axis
Actuator
Case
Mounting
Holes
Platters
Ribbon Cable
(attaches heads
to Logic Board)
SCSI Interface
Connector
Jumper Pins
Jumper
Power
Connector
Tape Seal

Organizzazione di un hard disk



L'unità è in realtà costituita da diversi dischi. Entrambe le superfici di ogni disco sono rivestite di materiale magnetico sul quale vengono memorizzate le informazioni.

Le operazioni di letture e scrittura sono realizzate da testine, poste su bracci e movimentate da un attuatore.



Caratteristiche dell’hard disk

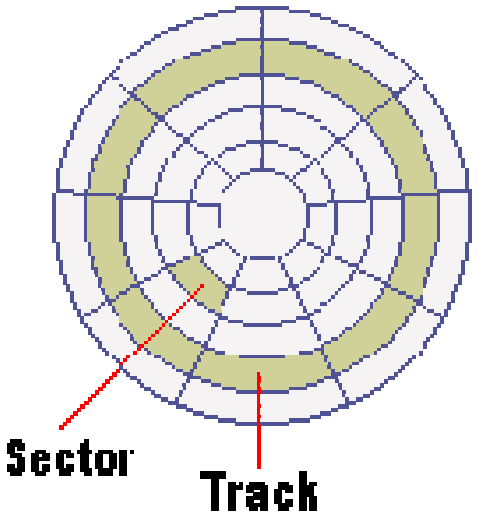
- L' hard disk tipicamente non è visibile dall'esterno (esistono però modelli di hard disk estraibili). La sua capacità si misura in GigaByte (Gbyte), ovvero miliardi di byte. I modelli più utilizzati oggi superano i 100 Gbyte.
- La velocità di rotazione (rotation rate) indica quanto velocemente ruotano i piatti sotto la testina. I valori tipici per la maggior parte degli hard disk in circolazione sono fra 4.000 RPM (revolutions per minute, giri al minuto) e 5.400 RPM. I dischi ad alte performance offrono 7.200 RPM, oppure 10.000 RPM

Caratteristiche dell'hard disk

- La velocità del disco in genere non influisce molto sulle prestazioni della macchina, a meno che questa non venga impiegata per funzioni che richiedono una frequente lettura/scrittura di dati (p.es. macchine che gestiscono alcuni servizi di rete centralizzati, come la posta elettronica); i PC di uso generale di solito utilizzano un disco EIDE.

- La capacità del disco invece ha pochissima influenza sulle prestazioni, a meno che il disco non si riempia completamente (e a quel punto ulteriori scritture sono possibili solo se si libera spazio).

Organizzazione della superficie del disco

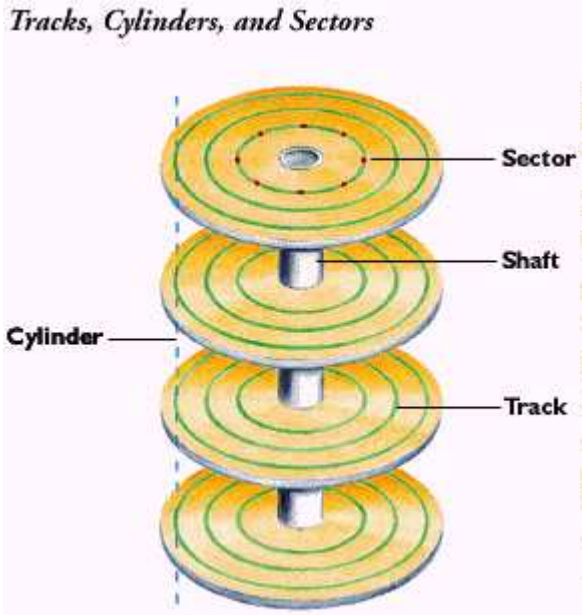


Tutte le informazioni memorizzate sul disco sono organizzate in tracce (corone circolari concentriche disposte sulla superficie del disco).

Le tracce sono numerate a partire da zero dal bordo del disco e procedendo verso l'interno.

Ogni traccia è divisa in più blocchi (da 512 byte) denominati settori, che sono le più piccole unità di memorizzazione sul disco.

Siccome l'unità è formata da più dischi, ad ogni traccia su un disco corrispondono tracce omologhe sugli altri dischi, che, nell'insieme, formano un *cilindro.*



Operazioni di lettura/scrittura

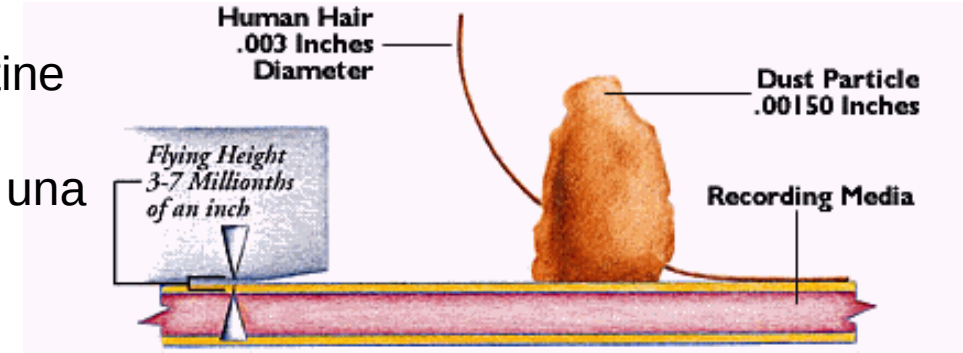
Le informazioni memorizzate sul disco sono codificate sotto forma di stati di memorizzazione di zone del materiale magnetico disposto sulla superficie del disco.

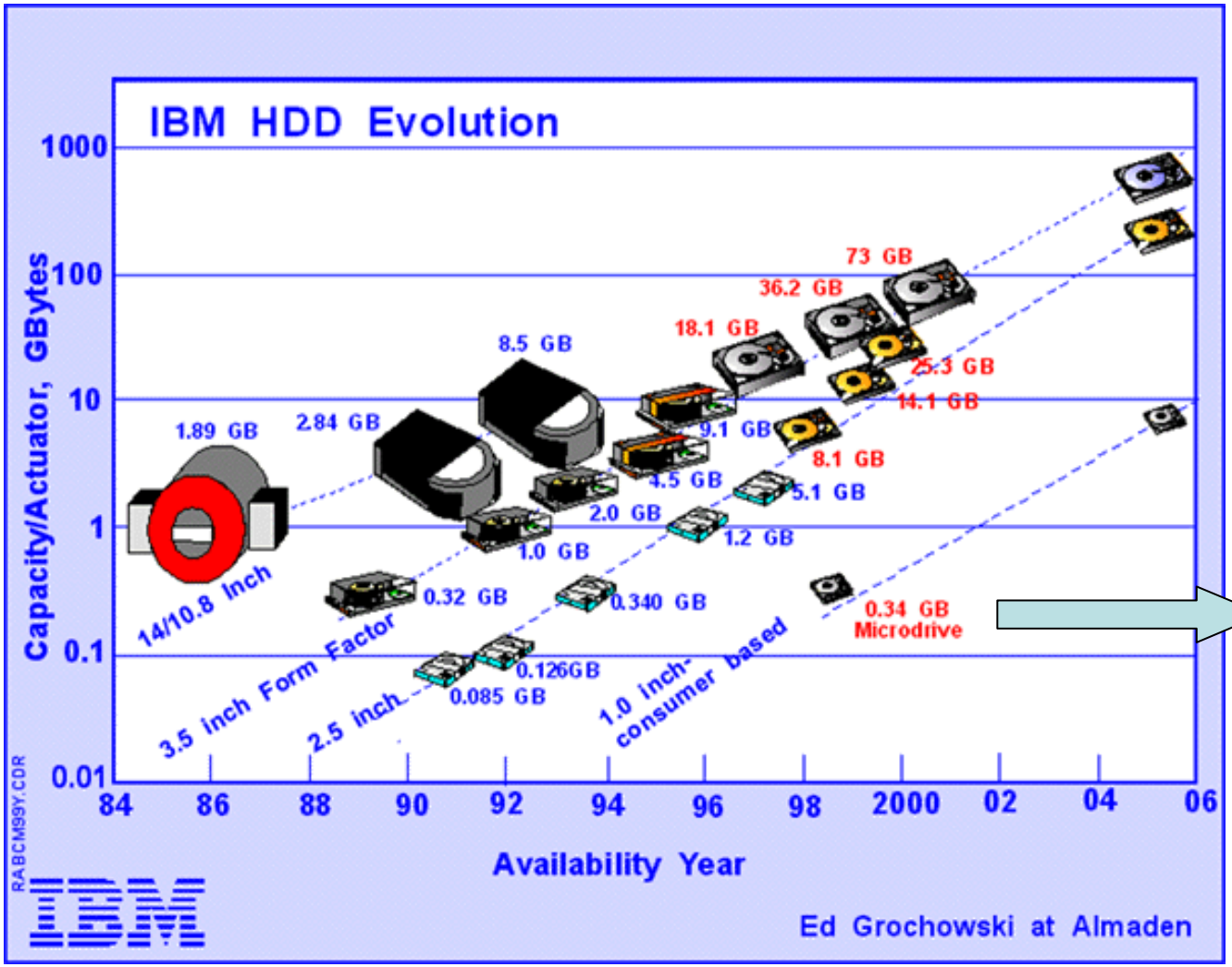
Le operazioni di lettura/scrittura sono realizzate dalle testine tramite le seguenti fasi:

1. Posizionamento della testina sulla traccia (cilindro) di interesse;
2. Attesa del passaggio del settore di interesse;
3. Lettura o scrittura del dato.

Accesso ai dati di tipo *random*

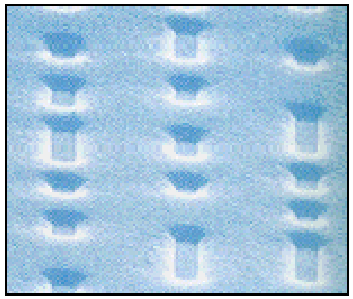
Date le alte velocità di rotazione, le testine non toccano la superficie del disco, ma "planano" su di essa, mantenendosi ad una distanza dell'ordine di 10^{-4} mm.

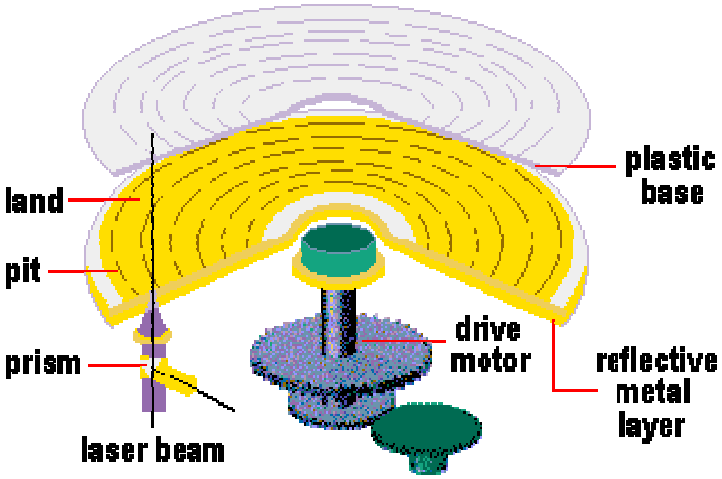



IBM HDD Evolution
Capacity/Actuator, GBytes
1000
100
10
1
0.1
0.01
84
86
88
90
92
94
96
98
2000
02
04
06
Availability Year
1.89 GB
2.84 GB
8.5 GB
18.1 GB
36.2 GB
73 GB
25.3 GB
14.1 GB
9.1 GB
8.1 GB
4.5 GB
5.1 GB
2.0 GB
1.2 GB
1.0 GB
0.32 GB
0.340 GB
0.34 GB
Microdrive
0.126GB
0.085 GB
14/10.8 inch
3.5 inch Form Factor
2.5 inch
1.0 inch-
consumer based
RABCM99Y.CDR
IBM
Ed Grochowski at Almaden

Unità di tipo ottico CD-ROM

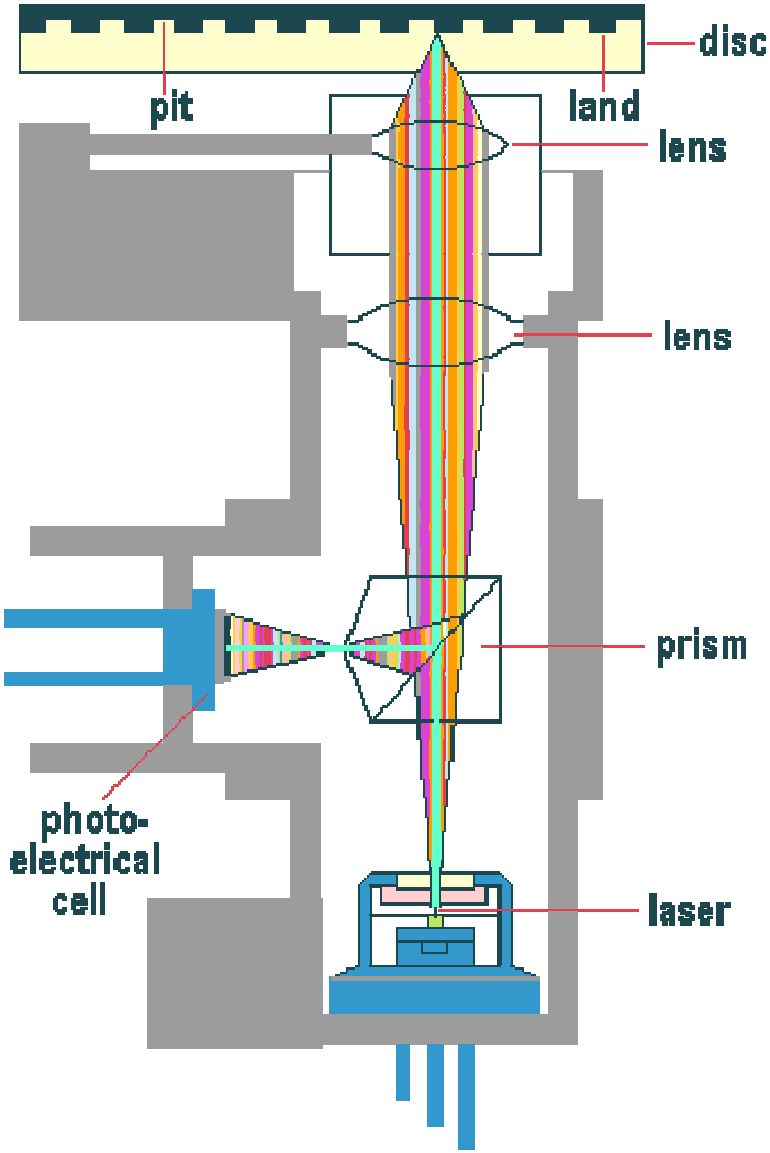
- Realizzato originariamente per l'audio
- 650 Mbytes per oltre 70 minuti di audio
- Disco in policarbonato con un'anima in materiale altamente riflettente, di solito alluminio
- I dati sono codificati tramite *pits* e *lands*





Operazione di lettura

1. Un fascio laser, emesso da un diodo laser IR, attraversa un prisma, in parte riflettente, e viene focalizzato sulla zona su cui effettuare la lettura.
2. Se il fascio trova un “land”, viene interamente riflesso dal disco, ritorna sul prisma e da questo ulteriormente riflesso su una cella fotoelettrica, che genera un segnale elettrico di intensità proporzionale alla energia luminosa ricevuta.
   Se il fascio incontra un “pit”, subisce una diffusione e quindi sarà praticamente nulla l’energia luminosa che raggiungerà la cella.



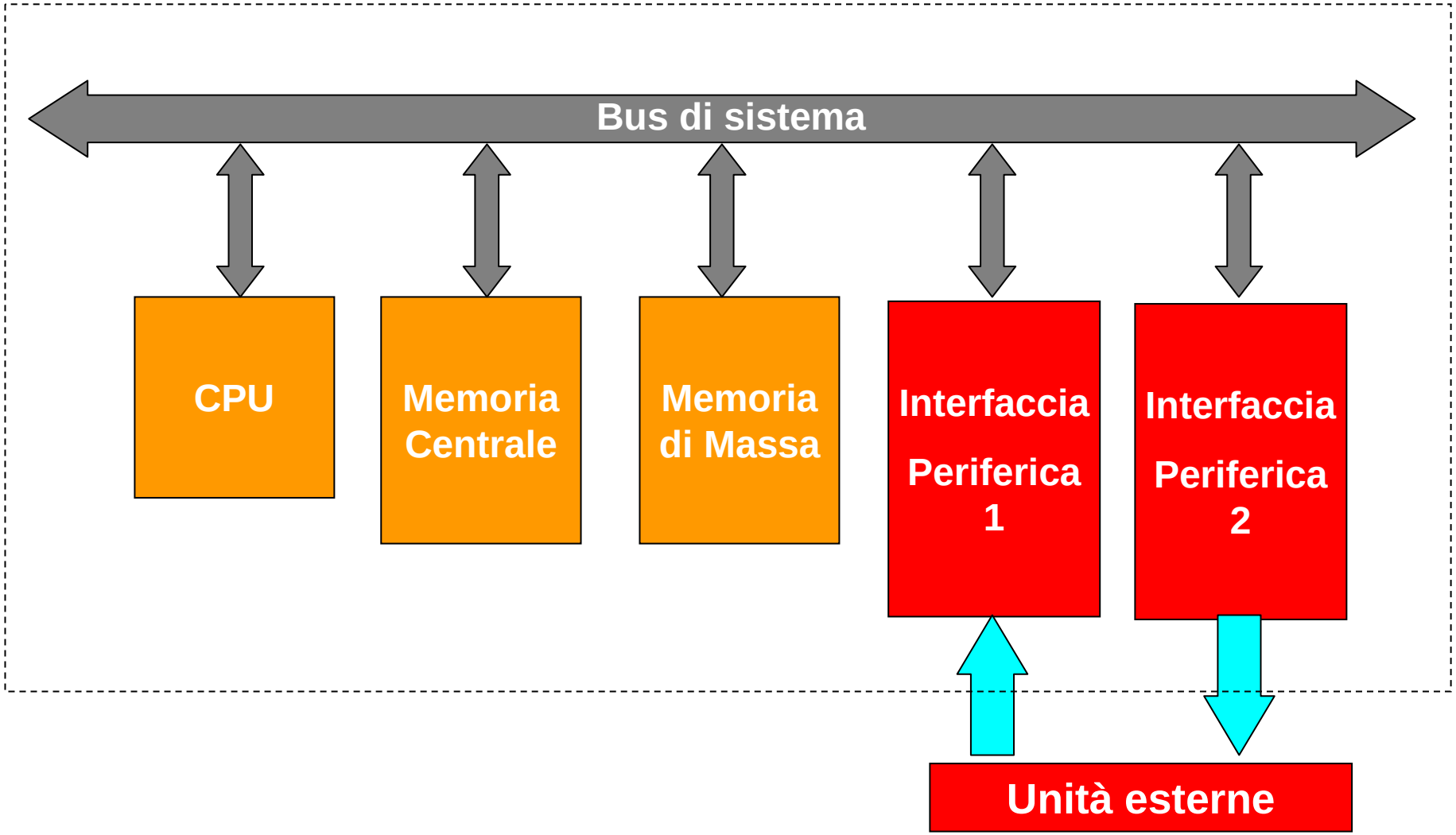
Organizzazione del disco

- Un CD tipicamente memorizza I dati su un'unica traccia, che si avvolge a spirale
- La traccia è divisa in settori di dimensione costante in cui i dati sono registrati
- Le unità CD audio sono "single speed": hanno una velocità lineare costante di 1.2 m/sec
  - La lunghezza della traccia è di circa 5.27km per cui sono necessari circa 4391 secondi (73.2 minuti) per percorrerla tutta
  - Con questa velocità, l'unità assicura un transfer rate di circa 150 Kbyte/sec
- Le altre velocità sono definite come multipli della velocità "base" audio (es. 40x)

DVD

- **I DVD ROM** *(Digital Versatile Disk)*, che sono supporti di memoria con una capacità elevata (dai 4 ai 17 GB).
- Si pongono come alternativa ai CD-ROM.
- Servono per contenere dati particolarmente estesi (es. filmati).

Modello di von Neumann: interfacce ed unità esterne



Collegamento tra calcolatore ed unità esterne

Tutta l'attività di ingresso/uscita avviene con l'uso di unità esterne:

- tastiera
- mouse
- monitor
- stampante
- scanner
- microfoni/altoparlanti
- cam
- …

Problema:

Molti dispositivi, realizzati da costruttori diversi.

Come si gestisce il collegamento con il calcolatore ?

⇨ **Necessità di standard**

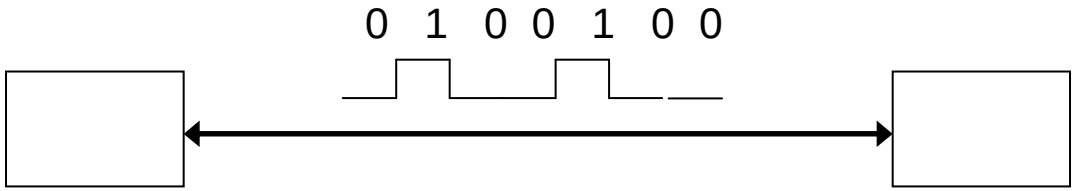
Collegamento tra calcolatore ed unità esterne (2)

Il collegamento tra calcolatore ed unità esterne avviene tramite connessioni standard (porte periferiche), alle cui specifiche i costruttori devono attenersi.

Il collegamento tra calcolatore ed unità esterne prevede un flusso bidirezionale di byte di dati tra i due, che può avvenire in due modalità diverse, distinte in base al parallelismo del trasferimento:

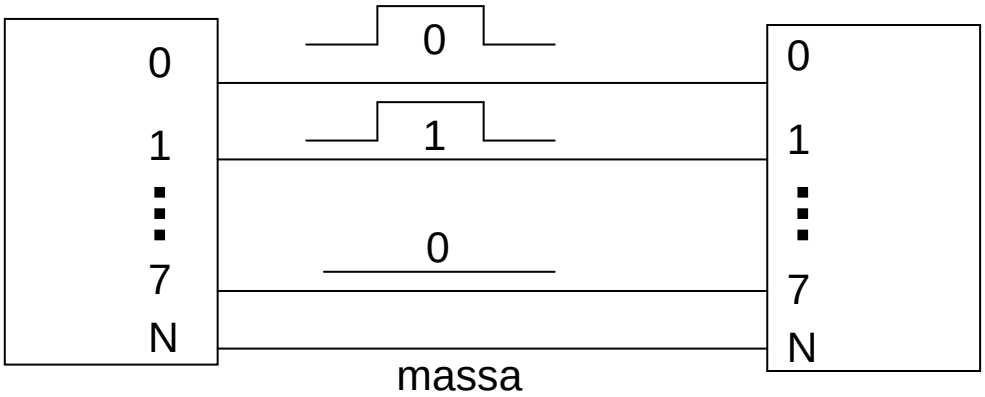
seriale

parallelismo: 1 bit



parallelo

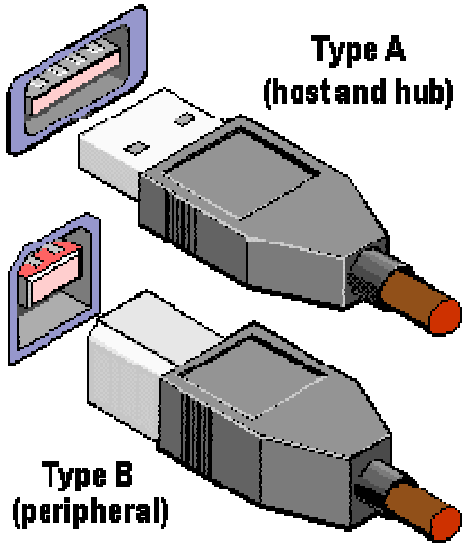
parallelismo: 8 bit



Le porte di Input e Output

- Le porte di I/O sono una serie di prese, localizzate sul lato posteriore del computer, che vengono utilizzate per collegare alla macchina tutti dispositivi esterni (monitor, tastiera, mouse, ecc.). La disposizione delle porte varia da computer a computer.
- Tipicamente sono poste direttamente sulla scheda madre le seguenti porte:
- **Porte PS/2**
  - per il collegamento del mouse e della tastiera (una è dedicata al mouse e l'altra alla tastiera; non si possono invertire).
- **Porta Seriale**
  - per il modem, o in generale per dispositivi che non richiedono un flusso *di* dati molto veloce (fino a qualche anno fa veniva usata anche per il mouse).
- **Porta Parallela**
  - si usa quasi sempre per la stampante, ma in generale è adatta per qualunque dispositivo che richieda un *flusso* di dati più veloce rispetto alla capacità della porta seriale.
- **Porta USB** (Universal Serial Bus)
  - è adatta per connettere al computer qualunque tipo di dispositivo (purché compatibile col collegamento USB!).La tecnologia USB consente di creare "catene" di dispositivi collegati tutti su un'unica porta (fino a 127), inoltre consente il collegamento “a caldo" (cioè a computer acceso), mentre tutti i dispositivi non USB devono sempre essere collegati a computer spento.

L'interfaccia Universal Serial Bus (USB)

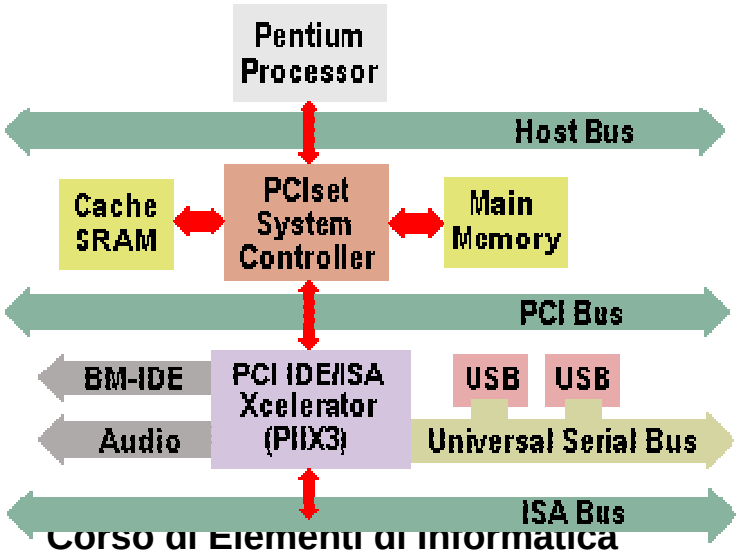


E' un'interfaccia seriale progettata per:

- ➲ connettere contemporaneamente più periferiche
- ➲ realizzare connessioni "hot swap"
- ➲ assicurare un'alta velocità di trasferimento

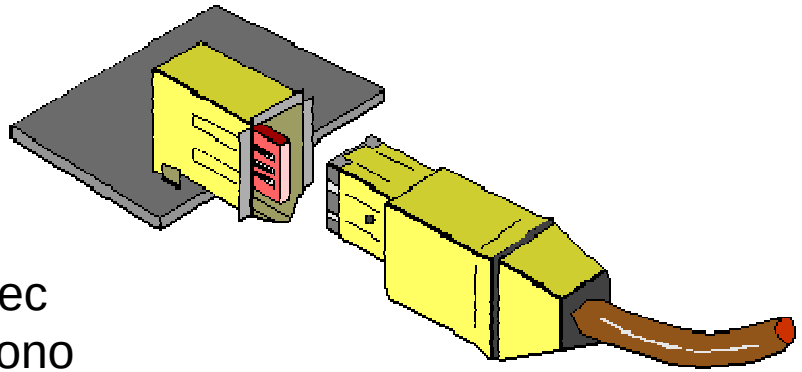
Caratteristiche:

- ⇨Fino a 127 unità collegate su una stessa connessione (tramite hub)
- ⇨Velocità massima: 12 Mbit/sec (USB 1.1) 480 Mbit/sec (USB 2.0)
- ⇨ideale per connettere mouse, scanner, modem

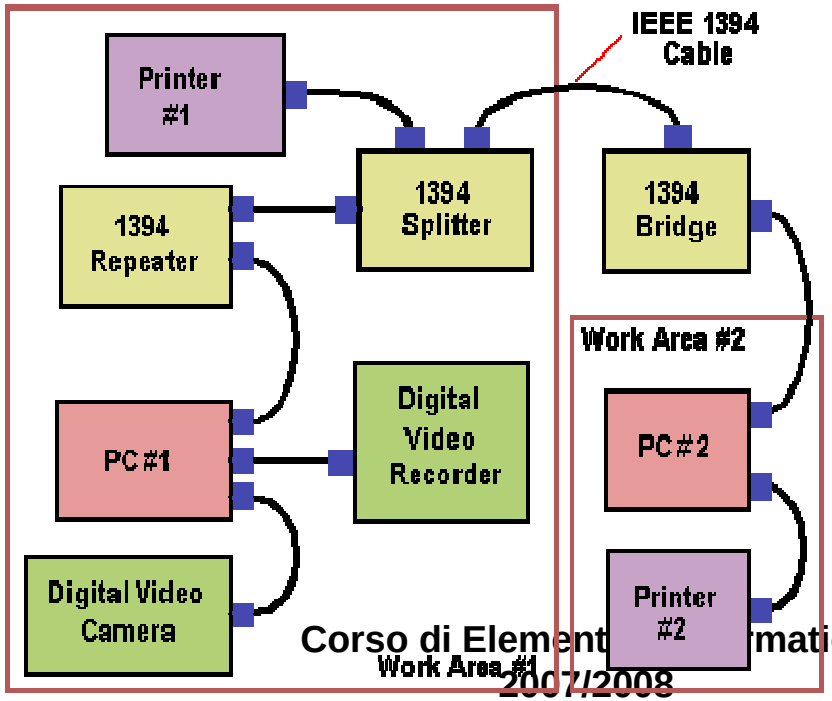


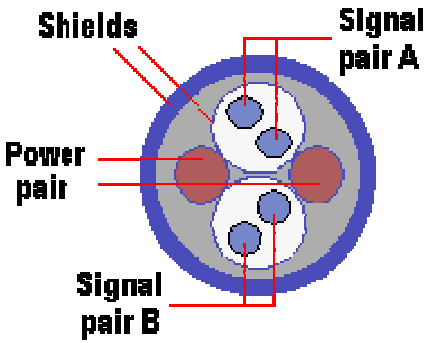
L'interfaccia FireWire (IEEE 1394)

E' un ulteriore standard di interfaccia seriale che ha caratteristiche simili a USB, ma con prestazioni migliori:



- connessione contemporanea a più periferiche
- connessioni "hot swap"
- alta velocità di trasferimento: fino a 400 Mbit/sec
- adatta per interfacciare periferiche che richiedono una banda ampia (telecamere digitali, VCR, ecc.)





Altre porte

- Le schede di espansione che vengono montate sulla scheda madre rendono poi disponibili molte altre porte, fra cui le principali sono:
- **Porta Video** (talvolta integrata direttamente sulla scheda madre, soprattutto nei modelli di marca) per connettere il monitor al computer.
- **Porta di Rete** per collegare la macchina direttamente ad una rete di computer, senza usare il modem. Ne esistono di vari tipi, ma ormai la presa RJ45 ha di fatto rimpiazzato tutte le altre.
- **Porta SCSI** per dispositivi che richiedono un *flusso* di dati molto veloce (scanner, masterizzatore esterno, ecc.). La tecnologia SCSI consente inoltre, come la USB, il collegamento di dispositivi a catena (fino a 7), ma non il collegamento a caldo.
- **Porta Infrarosso** che consente la comunicazione tra dispositivi tramite un fasci di radiazione luminosa nel campo dell'infrarosso (invisibile).

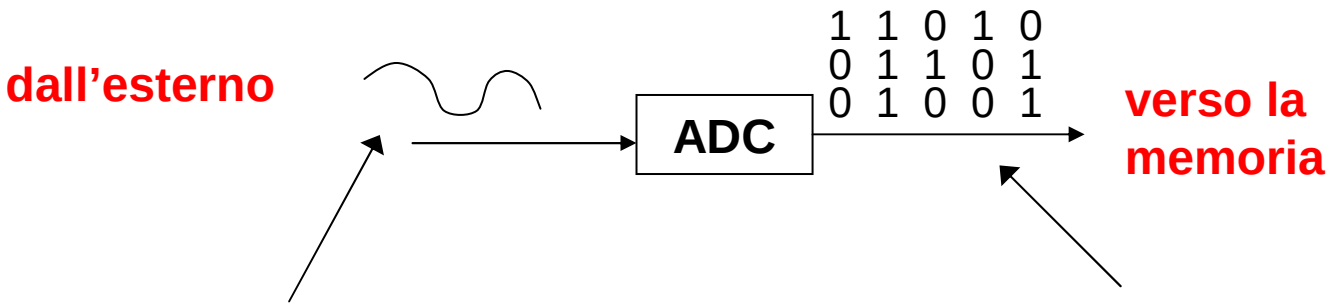
Periferiche

Input	Output
Tastiera	Monitor
Mouse	
Scanner	Stampante
Cam	Plotter
Microfono	Altoparlanti
ecc.	ecc.

Qual è il compito delle periferiche ?

Operazioni realizzate dalle periferiche di ingresso

Compito delle periferiche di ingresso è quello di codificare una grandezza continua in ingresso tramite una rappresentazione digitale utilizzabile dal calcolatore.



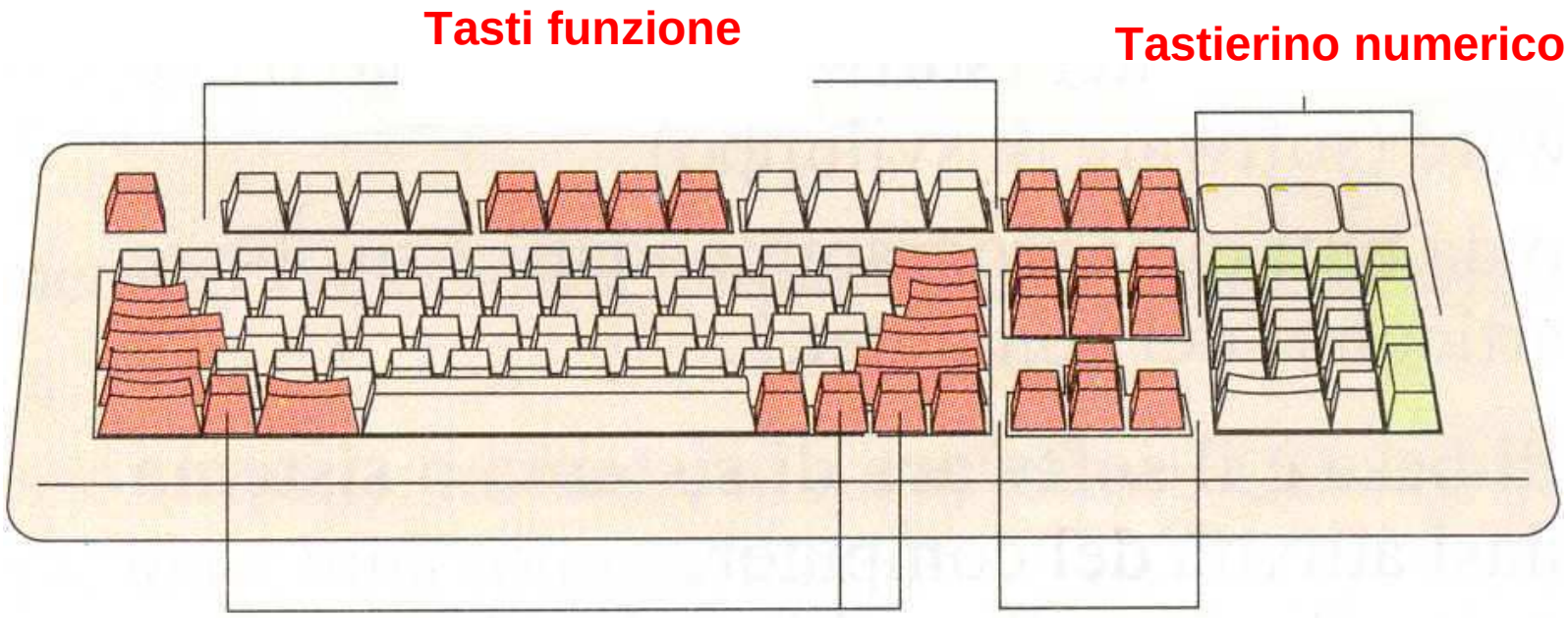
Grandezza continua

(es.: suono, immagine, movimento del mouse, documento, ecc.)

Codifica digitale

ADC:
Analog to Digital Conversion

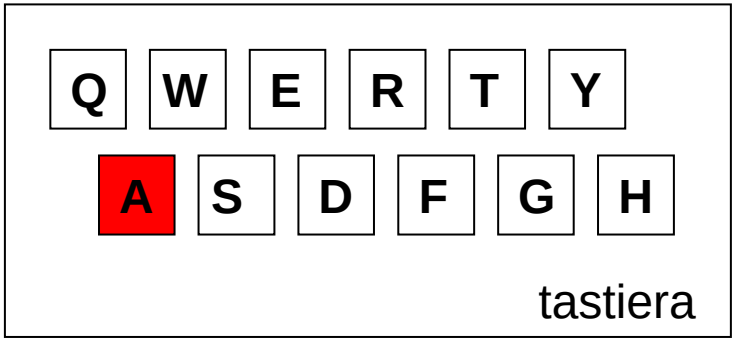
Dispositivi di Input: la tastiera



Dispositivi di Input: lo scanner

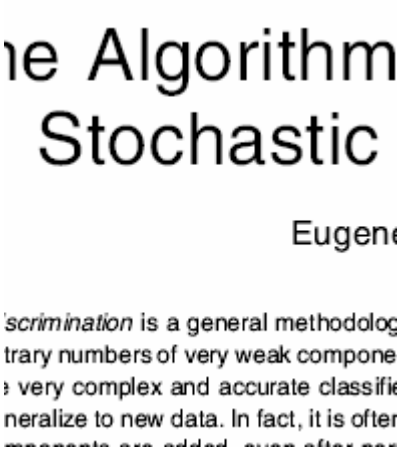
- E' un dispositivo di input in grado di acquisire **immagini** da un supporto cartaceo e di trasferirle nella memoria dell' elaboratore per essere elaborate e/o inserite in un documento.
- A volte è impiegato insieme ad un software particolare, detto **OCR** (Optical Character Recognition) che permette di ottenere in formato elettronico il testo contenuto sul documento cartaceo acquisito.

Il tipo di informazione rappresentata dipende dalla periferica impiegata



codice ASCII della lettera ‘A’

10000001



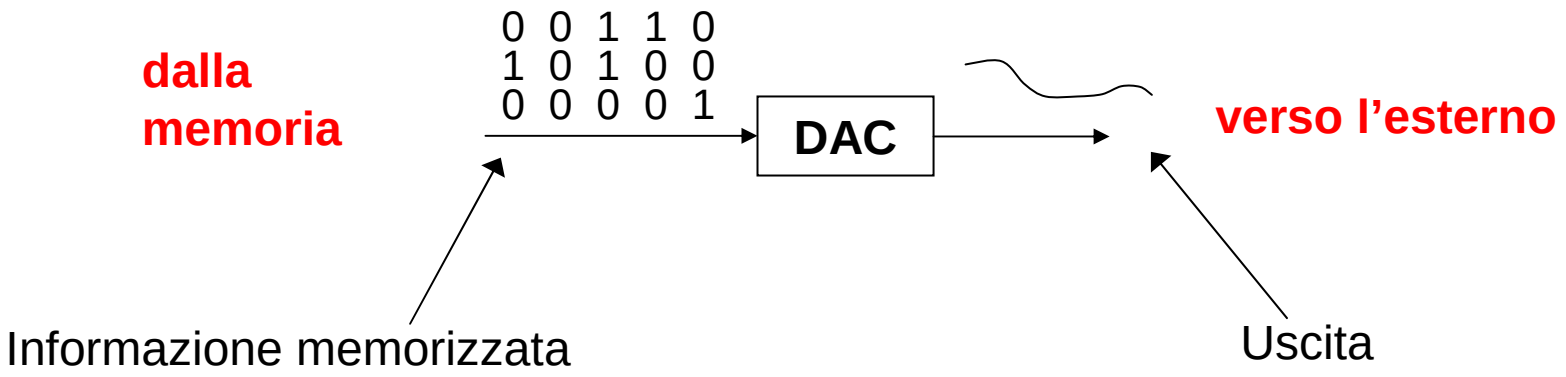
SCANNER

bit map

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

Operazioni realizzate dalle periferiche di uscita

Compito delle periferiche di uscita è quello di creare, delle informazioni codificate in digitale nella memoria del calcolatore, una rappresentazione direttamente comprensibile dall'utente umano.



(es.: documento Word, disegno Autocad, file MP3, ecc.)

(es.: testo stampato, immagine sul monitor, suono, ecc.)