

Concetti Generali sulla Gestione della memoria

Binding Address, Allocazione, Segmentazione, Paginazione Memoria Virtuale (swap)

*Dispense estratte (e parzialmente modificate) dal documento:
Sistemi Operativi*

Modulo 6: Gestione della memoria

A.A. 2009-2010

Renzo Davoli

Alberto Montresor

Copyright © 2002-2005 Renzo Davoli, Alberto Montresor

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license can be found at:
<http://www.gnu.org/licenses/fdl.html#TOC1>

*Un sentito ringraziamento ai colleghi per aver concesso l'uso della loro opera.
Gli eventuali errori sono stati introdotti da me.*

Sommario



- ♦ **Compiti del gestore della memoria del sistema operativo**

- ♦ tenere traccia della memoria libera e occupata
- ♦ allocare memoria ai processi e deallocarla quando non più necessaria
- ♦ Il gestore può avere necessità di appoggiarsi alla memoria secondaria (disco), al fine di emulare memoria principale

•

- ♦ **Binding, loading, linking**

- ♦ **Allocazione contigua**

- ♦ **Paginazione**

- ♦ **Segmentazione**

- ♦ **Memoria virtuale**

Introduzione



- ♦ **Prospettiva storica**
 - ♦ partiremo vedendo i meccanismi di gestione della memoria più semplici;
 - ♦ a volte possono sempre banali, ma...
- ♦ **... ma nell'informatica, la storia ripete se stessa:**
 - ♦ alcuni di questi meccanismi vengono ancora utilizzati in sistemi operativi speciali per palmari, sistemi embedded (microcontrollori), smart-card

Binding Address



- ♦ **Definizione**

- ♦ con il termine *binding address* o (*rilocalizzazione*) si indica l'associazione di indirizzi di memoria fisica ai dati e alle istruzioni di un programma

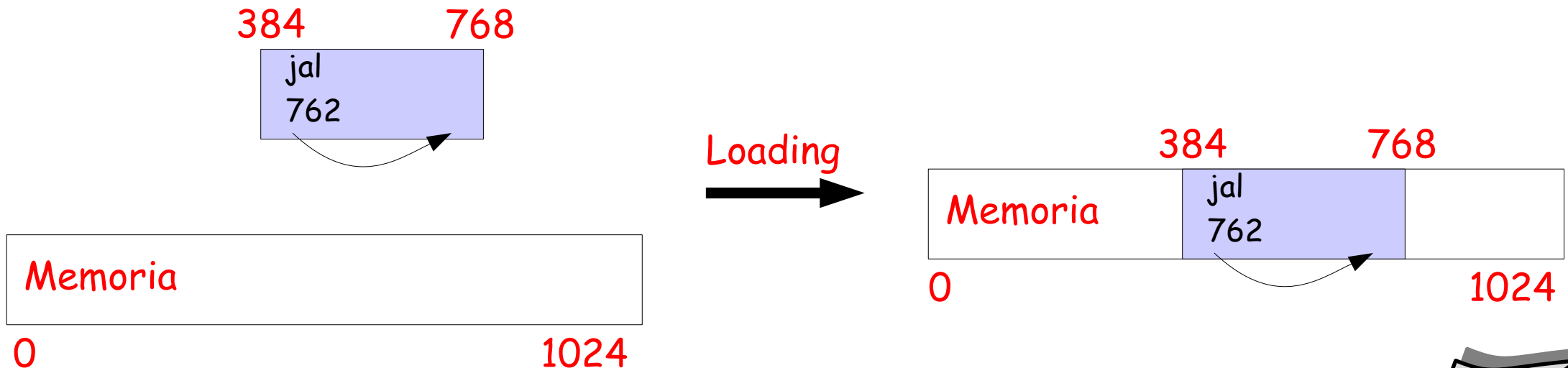
- ♦ **Il binding può avvenire**

- ♦ durante la compilazione
- ♦ durante il caricamento del programma in memoria per l'esecuzione
- ♦ durante l'esecuzione.

Binding Address

- **Binding durante la compilazione del programma**

- gli indirizzi vengono calcolati al momento della compilazione e resteranno gli stessi ad ogni esecuzione del programma
- il codice generato viene detto codice *assoluto*
- Esempi:
 - codice per microcontrollori, per il kernel, file COM in MS-DOS



Binding Address



- ♦ **Binding durante la compilazione**
 - ♦ vantaggi
 - ♦ non richiede hardware speciale
 - ♦ semplice
 - ♦ molto veloce
 - ♦ svantaggi
 - ♦ non funziona con la multiprogrammazione

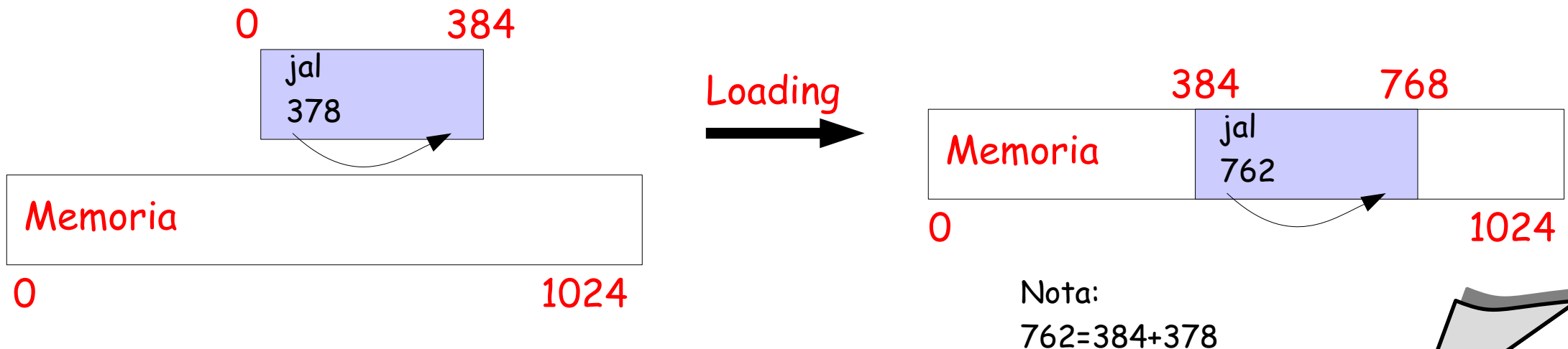
Binding Address

- ♦ **Binding durante il caricamento**

- ♦ il codice generato dal compilatore non contiene indirizzi assoluti ma relativi (rispetto all' Instruction Pointer **oppure** rispetto ad un indirizzo base, **l'inizio del segmento**)
- ♦ questo tipo di codice viene detto *rilocabile*

- ♦ **Durante il caricamento**

- ♦ il loader si preoccupa di **aggiornare tutti i riferimenti agli indirizzi di memoria** coerentemente al punto iniziale di caricamento



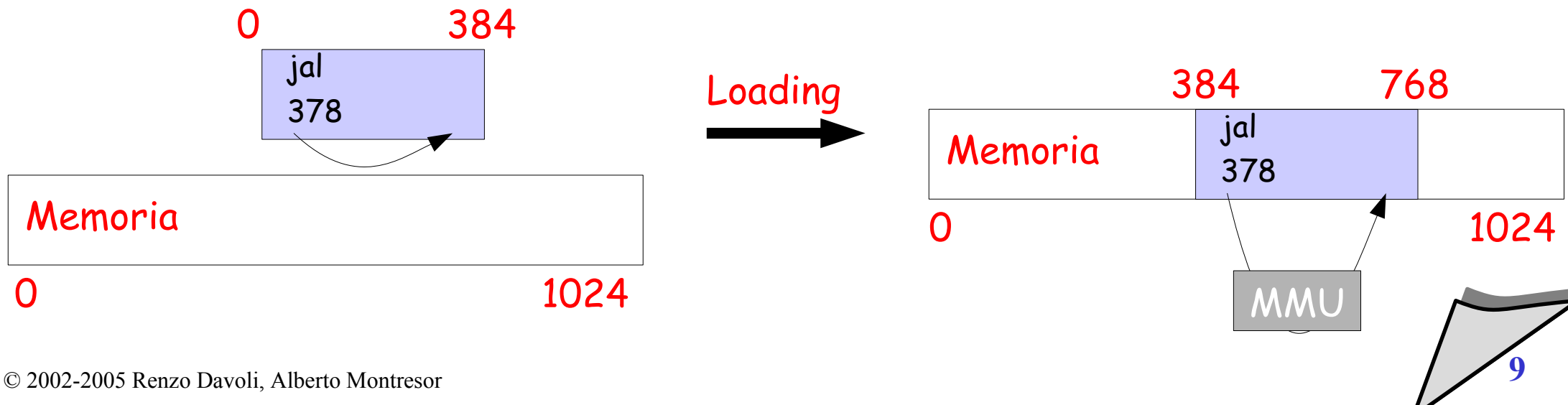
Binding Address



- ♦ **Binding durante il caricamento**
 - ♦ vantaggi
 - ♦ permette di gestire multiprogrammazione
 - ♦ non richiede uso di hardware particolare
 - ♦ svantaggi
 - ♦ richiede una traduzione degli indirizzi da parte del loader, e quindi formati particolare dei file eseguibili

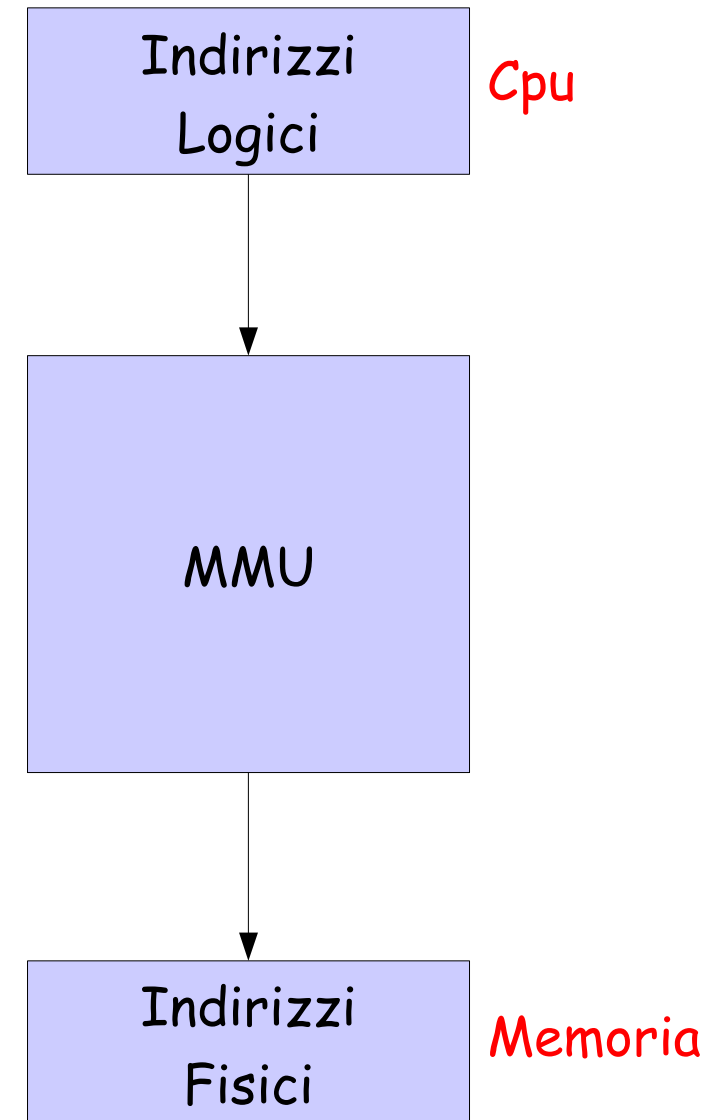
Binding Address

- ♦ **Binding durante l'esecuzione**
 - ♦ l'individuazione dell'indirizzo di memoria effettivo viene effettuata durante l'esecuzione da un componente hardware apposito: la *memory management unit* (MMU)



Indirizzi logici e indirizzi fisici

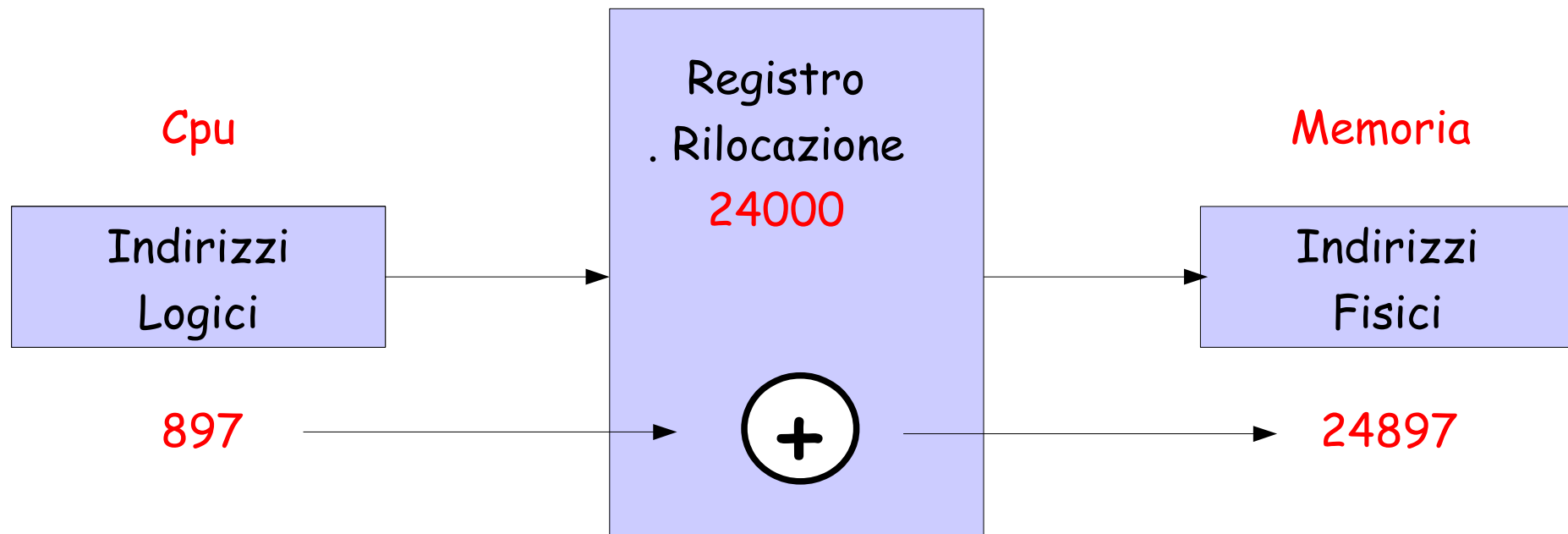
- ♦ **Spazio di indirizzamento logico**
 - ♦ ogni processo è associato ad uno spazio di indirizzamento logico
 - ♦ gli indirizzi usati in un processo sono indirizzi logici, ovvero riferimenti a questo spazio di indirizzamento
- ♦ **Spazio di indirizzamento fisico**
 - ♦ ad ogni indirizzo logico corrisponde un indirizzo fisico
 - ♦ la MMU opera come una funzione di traduzione da indirizzi logici a indirizzi fisici



Esempi di MMU - Registro di rilocalazione

♦ Descrizione

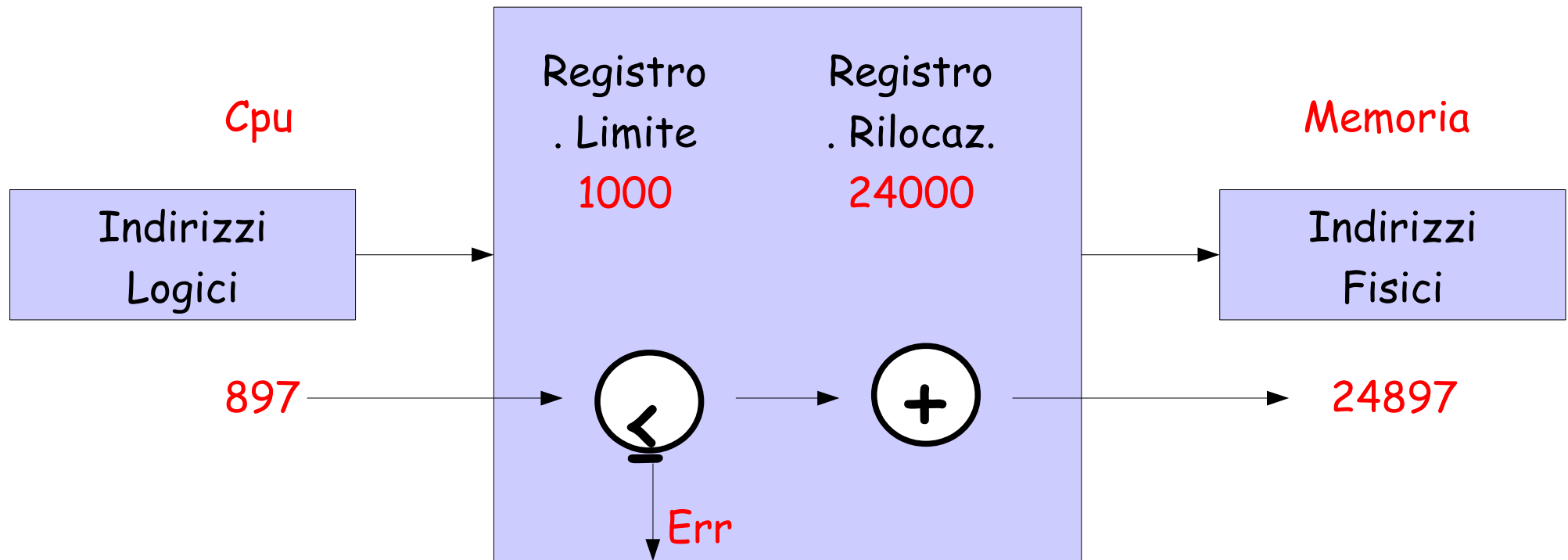
- ♦ se il valore del registro di rilocalazione è R , uno spazio logico $0 \dots \text{Max}$ viene tradotto in uno spazio fisico $R \dots R + \text{MAX}$
- ♦ esempio: nei processori Intel 80x86, esistono 4 registri base per il calcolo degli indirizzi (CS, DS, SS, ES)



Esempi di MMU- Registro di rilocalizzazione e limite

♦ Descrizione

- ♦ il registro limite viene utilizzato per implementare meccanismi di protezione della memoria



Allocazione di memoria



- ♦ **E' una delle funzioni principali del gestore di memoria**
- ♦ **Consiste nel reperire ed assegnare uno spazio di memoria fisica**
 - ♦ a un programma che viene attivato
 - ♦ oppure per soddisfare ulteriori richieste effettuate dai programmi durante la loro esecuzione

Allocazione: definizioni



- ♦ **Allocazione contigua**

- ♦ tutto lo spazio assegnato ad un programma deve essere formato da celle consecutive

- ♦ **Allocazione non contigua**

- ♦ è possibile assegnare a un programma aree di memorie separate

- ♦ **Nota**

- ♦ la MMU deve essere in grado di gestire la conversione degli indirizzi in modo coerente alla allocazione
- ♦ esempio: la MMU basata su rilocalizzazione gestisce solo allocazione contigua (per uno stesso segmento, ma possono esistere più segmenti).

Allocazione: statica o dinamica



- ♦ **Statica**

- ♦ un programma deve mantenere la propria area di memoria dal caricamento alla terminazione
- ♦ non è possibile rilocare il programma durante l'esecuzione

- ♦ **Dinamica**

- ♦ durante l'esecuzione, un programma può essere spostato all'interno della memoria

Allocazione a partizioni fisse

• Descrizione

- la memoria disponibile (quella non occupata dal s.o.) viene suddivisa in partizioni
- ogni processo viene caricato in una delle partizioni libere che ha dimensione sufficiente a contenerlo

• Caratteristiche

- statica e contigua
- vantaggi: molto semplice
- svantaggi: spreco di memoria, grado di parallelismo limitato dal numero di partizioni



Allocazione a partizioni fisse

- ♦ **Gestione memoria**

- ♦ è possibile utilizzare una coda di programmi da eseguire per partizione, oppure una coda comune per tutte le partizioni

- ♦ **Sistemi monoprogrammati**

- ♦ esiste una sola partizione, dove viene caricato un unico programma utente
- ♦ esempio:
 - ♦ MS-DOS
 - ♦ sistemi embedded



Frammentazione interna

- ♦ **Nell'allocazione a partizione fisse**

- ♦ se un processo occupa una dimensione inferiore a quella della partizione che lo contiene, lo spazio non utilizzato è sprecato
- ♦ la presenza di spazio inutilizzato all'interno di un'unità di allocazione si chiama *frammentazione interna*

- ♦ **Nota:**

- ♦ il fenomeno della frammentazione interna non è limitata all'allocazione a partizioni fisse, ma è generale a tutti gli approcci in cui è possibile allocare più memoria di quanto richiesto (per motivi di organizzazione)



Allocazione a partizioni dinamiche



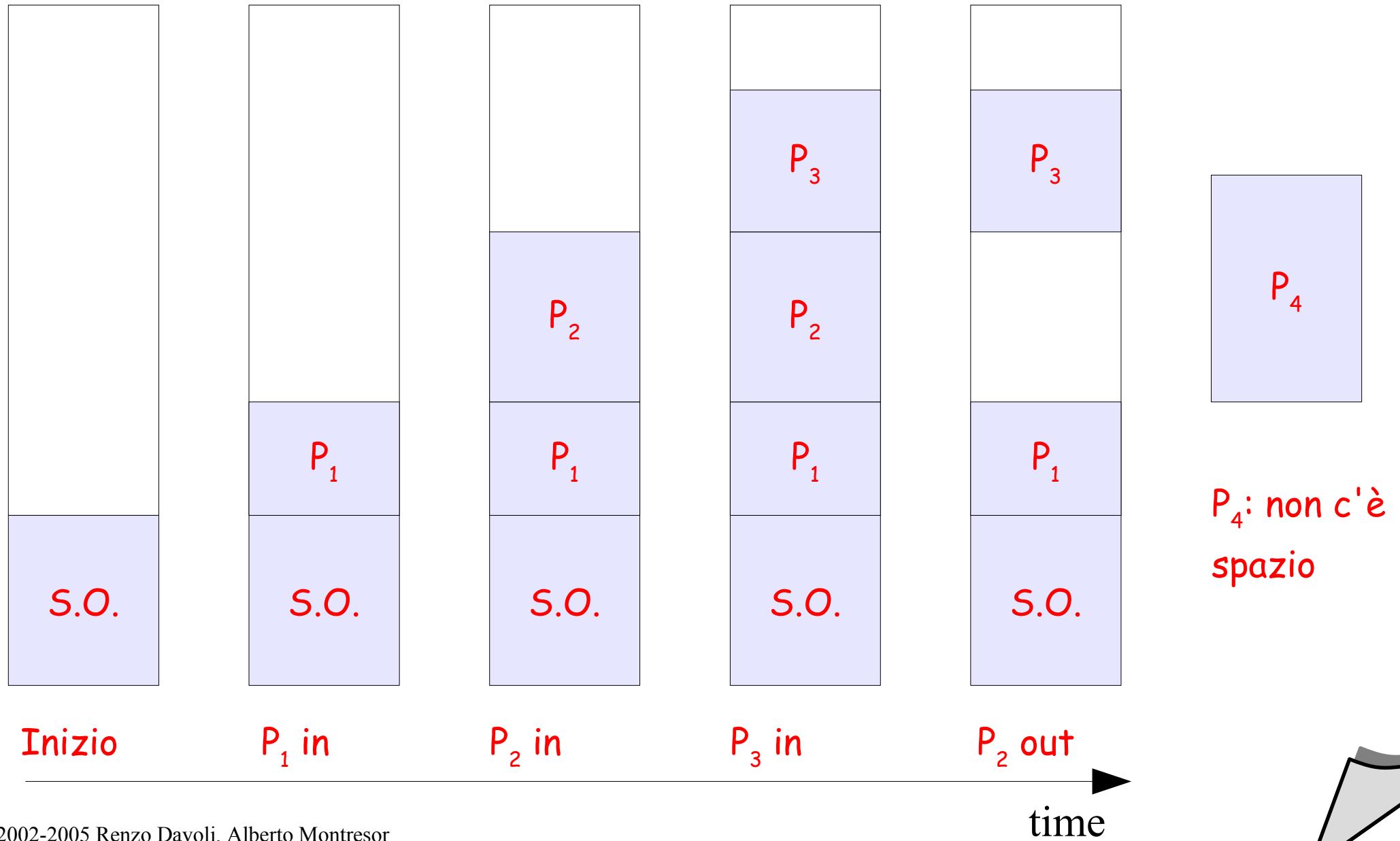
- ♦ **Descrizione**

- ♦ la memoria disponibile (nella quantità richiesta) viene assegnata ai processi che ne fanno richiesta
- ♦ nella memoria possono essere presenti diverse zone inutilizzate
 - ♦ per effetto della terminazione di processi
 - ♦ oppure per non completo utilizzo dell'area disponibile da parte dei processi attivi

- ♦ **Caratteristiche**

- ♦ statica e contigua
- ♦ esistono diverse politiche per la scelta dell'area da utilizzare

Allocazione a partizioni dinamiche



Frammentazione esterna



- ♦ **Problema**

- ♦ dopo un certo numero di allocazioni e deallocazioni di memoria dovute all'attivazione e alla terminazione dei processi lo spazio libero appare suddiviso in piccole aree
- ♦ è il fenomeno della *frammentazione esterna*

- ♦ **Nota**

- ♦ la frammentazione *interna* dipende dall'uso di unità di allocazione di dimensione diversa da quella richiesta
- ♦ la frammentazione *esterna* deriva dal susseguirsi di allocazioni e deallocazioni

Compattazione



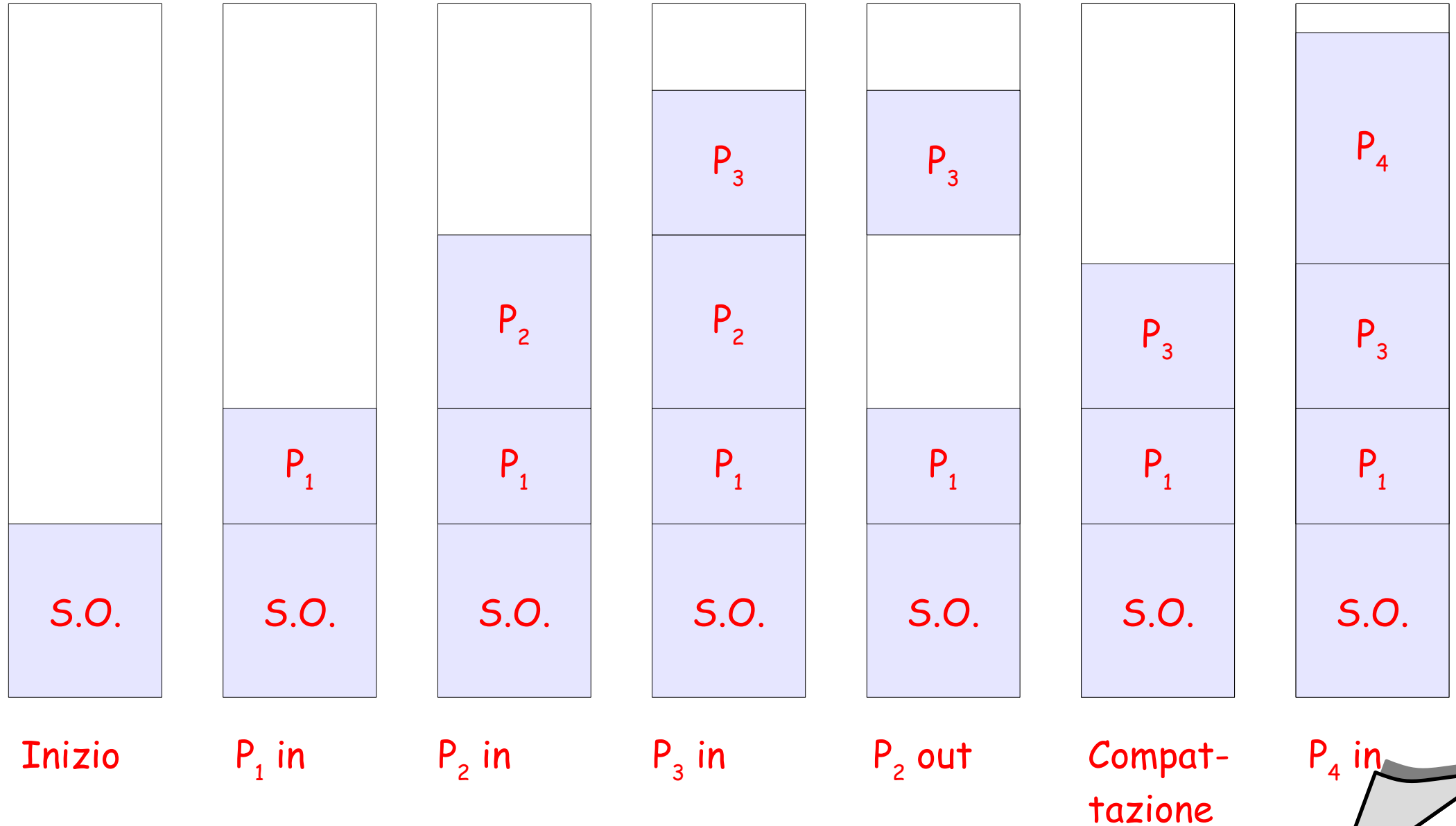
- ♦ **Compattazione**

- ♦ se è possibile rilocare i programmi durante la loro esecuzione, è allora possibile procedere alla *compattazione* della memoria
- ♦ compattare la memoria significa spostare in memoria tutti i programmi in modo da riunire tutte le aree inutilizzate
- ♦ è un'operazione volta a risolvere il problema della frammentazione esterna

- ♦ **Problemi**

- ♦ è un'operazione molto onerosa
 - ♦ occorre copiare (fisicamente) in memoria grandi quantità di dati
- ♦ non può essere utilizzata in sistemi interattivi
 - ♦ i processi devono essere fermi durante la compattazione

Compattazione



Allocazione dinamica - Strutture dati



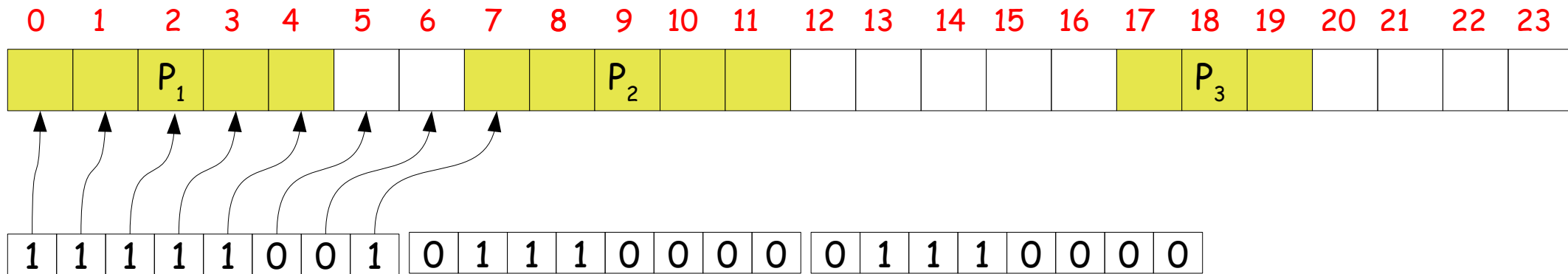
- ♦ **Quando la memoria è assegnata dinamicamente**
 - ♦ abbiamo bisogno di una struttura dati per mantenere informazioni sulle zone libere e sulle zone occupate
- ♦ **Strutture dati possibili**
 - ♦ mappe di bit
 - ♦ liste con puntatori
 - ♦ ...

Allocazione Dinamica - Mappa di bit

♦ Mappa di bit

- ♦ la memoria viene suddivisa in unità di allocazione
- ♦ ad ogni unità di allocazione corrisponde un bit in una bitmap
- ♦ le unità libere sono associate ad un bit di valore 0, le unità occupate sono associate ad un bit di valore 1

Memoria, suddivisione in unita' di allocazione



vettore di bit

Allocazione Dinamica - Mappa di bit



- ♦ **Note**

- ♦ la dimensione dell'unità di allocazione è un parametro importante dell'algoritmo
- ♦ trade-off fra dimensione della bitmap e frammentazione interna

- ♦ **Vantaggi**

- ♦ la struttura dati ha una dimensione fissa e calcolabile a priori

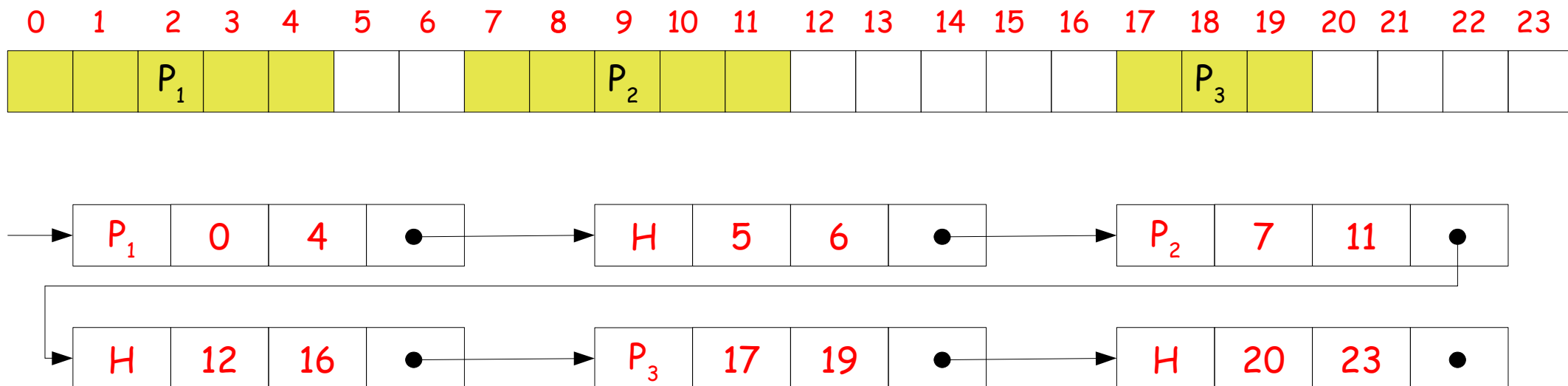
- ♦ **Svantaggi**

- ♦ per individuare uno spazio di memoria di dimensione **k** unità, è necessario cercare una sequenza di **k** bit 0 consecutivi
- ♦ in generale, tale operazione è **O(m)**, dove **m** rappresenta il numero di unità di allocazione

Allocazione dinamica - Lista con puntatori

♦ Liste di puntatori

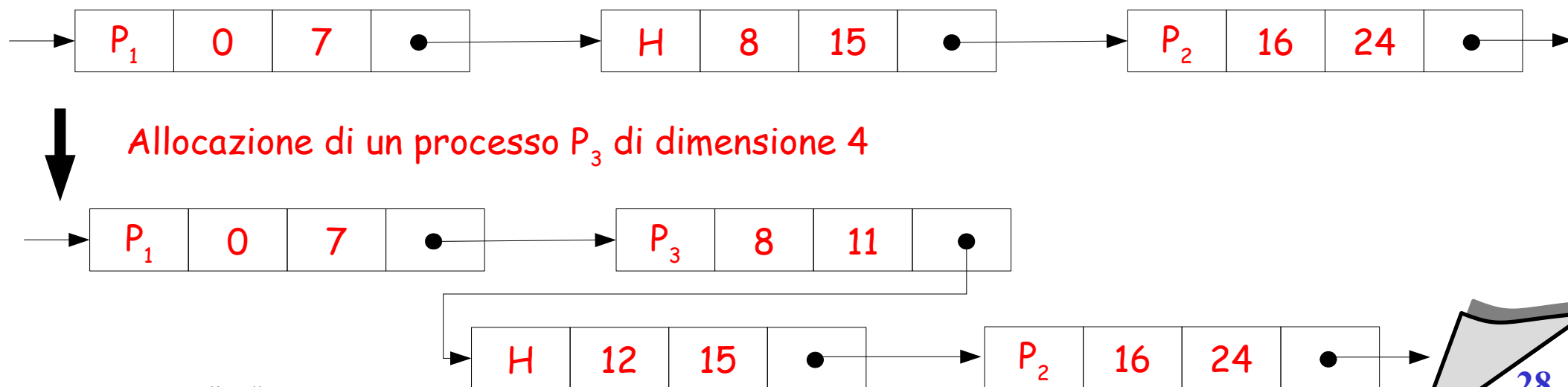
- ♦ si mantiene una lista dei blocchi allocati e liberi di memoria
- ♦ ogni elemento della lista specifica
 - ♦ se si tratta di un processo (P) o di un blocco libero (hole, H)
 - ♦ la dimensione (inizio/fine) del segmento



Allocazione dinamica - Lista con puntatori

♦ Allocazione di memoria

- ♦ un blocco libero viene selezionato (vedi slide successive)
- ♦ viene suddiviso in due parti:
 - ♦ un blocco processo della dimensione desiderata
 - ♦ un blocco libero con quanto rimane del blocco iniziale
- ♦ se la dimensione del processo è uguale a quella del blocco scelto, si crea solo un nuovo blocco processo

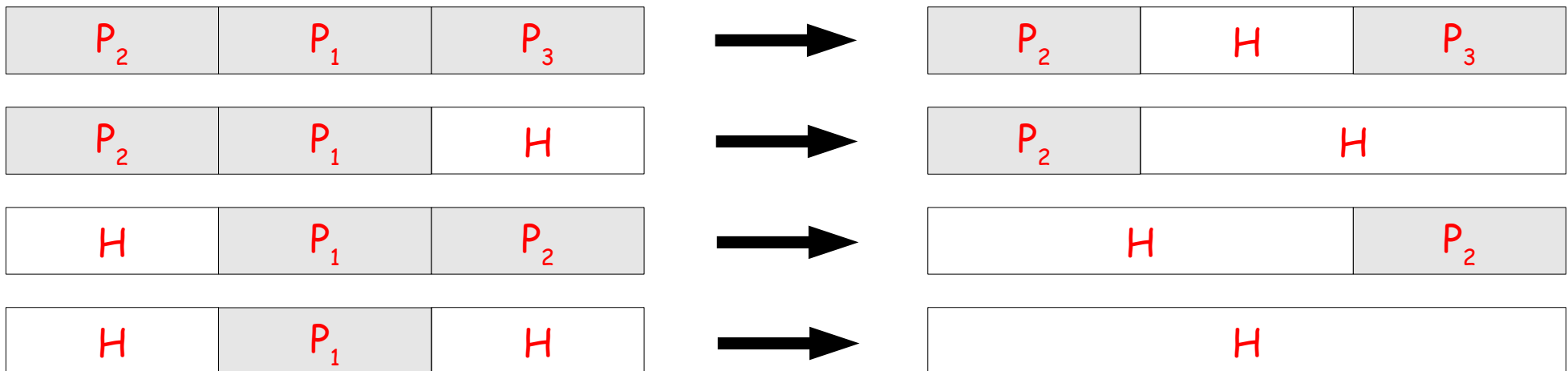


Allocazione dinamica - Lista puntatori

♦ Deallocazione memoria


- ♦ a seconda dei blocchi vicini, lo spazio liberato può creare un nuovo blocco libero, oppure essere accorpato ai blocchi vicini
- ♦ l'operazione può essere fatta in tempo $O(1)$

Rimozione P_1 , quattro casi possibili:




Allocazione dinamica - Selezione blocco libero



- ♦ **L'operazione di selezione di un blocco libero è concettualmente indipendente dalla struttura dati**
- ♦ **First Fit** 
 - ♦ scorre la lista dei blocchi liberi, partendo dall'inizio della lista, fino a quando non trova il primo segmento vuoto grande abbastanza da contenere il processo
- ♦ **Next Fit**
 - ♦ come First Fit, ma invece di ripartire sempre dall'inizio, parte dal punto dove si era fermato all'ultima allocazione
- ♦ **Commenti**
 - ♦ Next Fit è stato progettato per evitare di frammentare continuamente l'inizio della memoria
 - ♦ ma sorprendentemente, ha performance peggiori di First Fit

Allocazione dinamica - Selezione blocco libero



- ♦ **Best Fit**

- ♦ seleziona il più piccolo fra i blocchi liberi, sufficientemente grandi, presenti in memoria

- ♦ **Commenti**

- ♦ più lento di First Fit, in quanto richiede di esaminare tutti i blocchi liberi presenti in memoria
- ♦ genera più frammentazione di First Fit, in quanto tende a riempire la memoria di blocchi liberi troppo piccoli


- ♦ **Worst fit**

- ♦ seleziona il più grande fra i blocchi liberi presenti in memoria

- ♦ **Commenti**

- ♦ proposto per evitare i problemi di frammentazione di First/Best Fit
- ♦ rende difficile l'allocazione di processi di grosse dimensioni

Allocazione dinamica - Strutture dati (ancora)



- ♦ **Miglioramenti**

- ♦ è possibile ottimizzare il costo di allocazione
 - ♦ mantenendo una lista separata per i soli blocchi liberi
 - ♦ eventualmente, ordinando tale lista per dimensione

- ♦ **Dove mantenere queste informazioni**

- ♦ per i blocchi occupati
 - ♦ ad esempio, nella tabella dei processi
- ♦ per i blocchi liberi
 - ♦ nei blocchi stessi!
- ♦ è richiesta un unità minima di allocazione

Paginazione



- ♦ **Problema**

- ♦ i meccanismi visti (partizioni fisse, partizioni dinamiche) non sono efficienti nell'uso della memoria
 - ♦ frammentazione interna
 - ♦ frammentazione esterna

- ♦ **Paginazione**

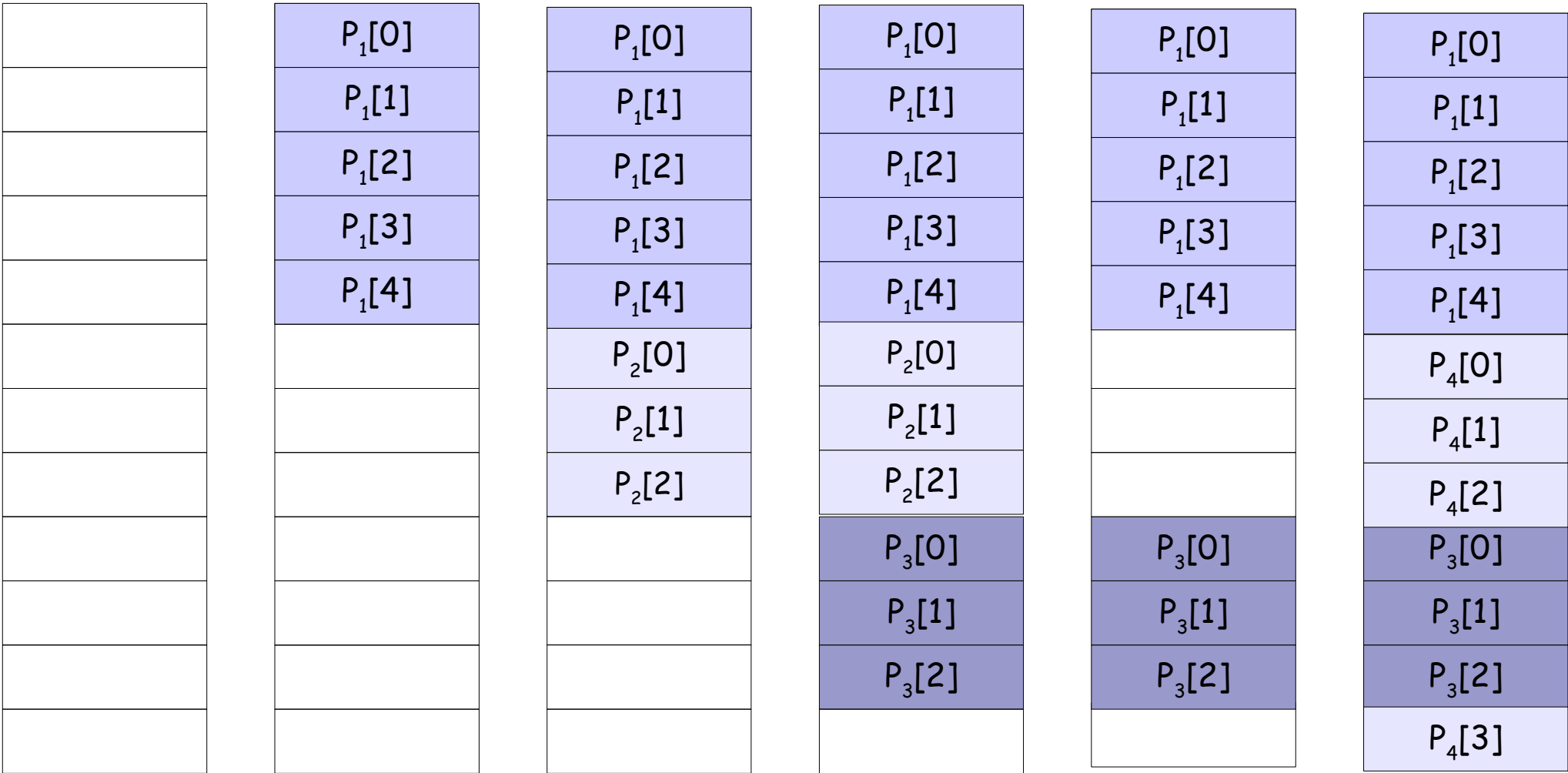
- ♦ è l'approccio contemporaneo
 - ♦ riduce il fenomeno di frammentazione interna
 - ♦ minimizza (elimina) il fenomeno della frammentazione esterna
- ♦ attenzione però: necessita di hardware adeguato

Paginazione



- ♦ **Lo spazio di indirizzamento logico di un processo**
 - ♦ viene suddiviso in un insieme di blocchi di dimensione fissa chiamati *pagine*
- ♦ **La memoria fisica**
 - ♦ viene suddivisa in un insieme di blocchi della stessa dimensione delle pagine, chiamati *frame*
- ♦ **Quando un processo viene allocato in memoria:**
 - ♦ vengono reperiti ovunque in memoria un numero sufficiente di frame per contenere le pagine del processo

Paginazione - Esempio



Tutto
libero

P₁ in

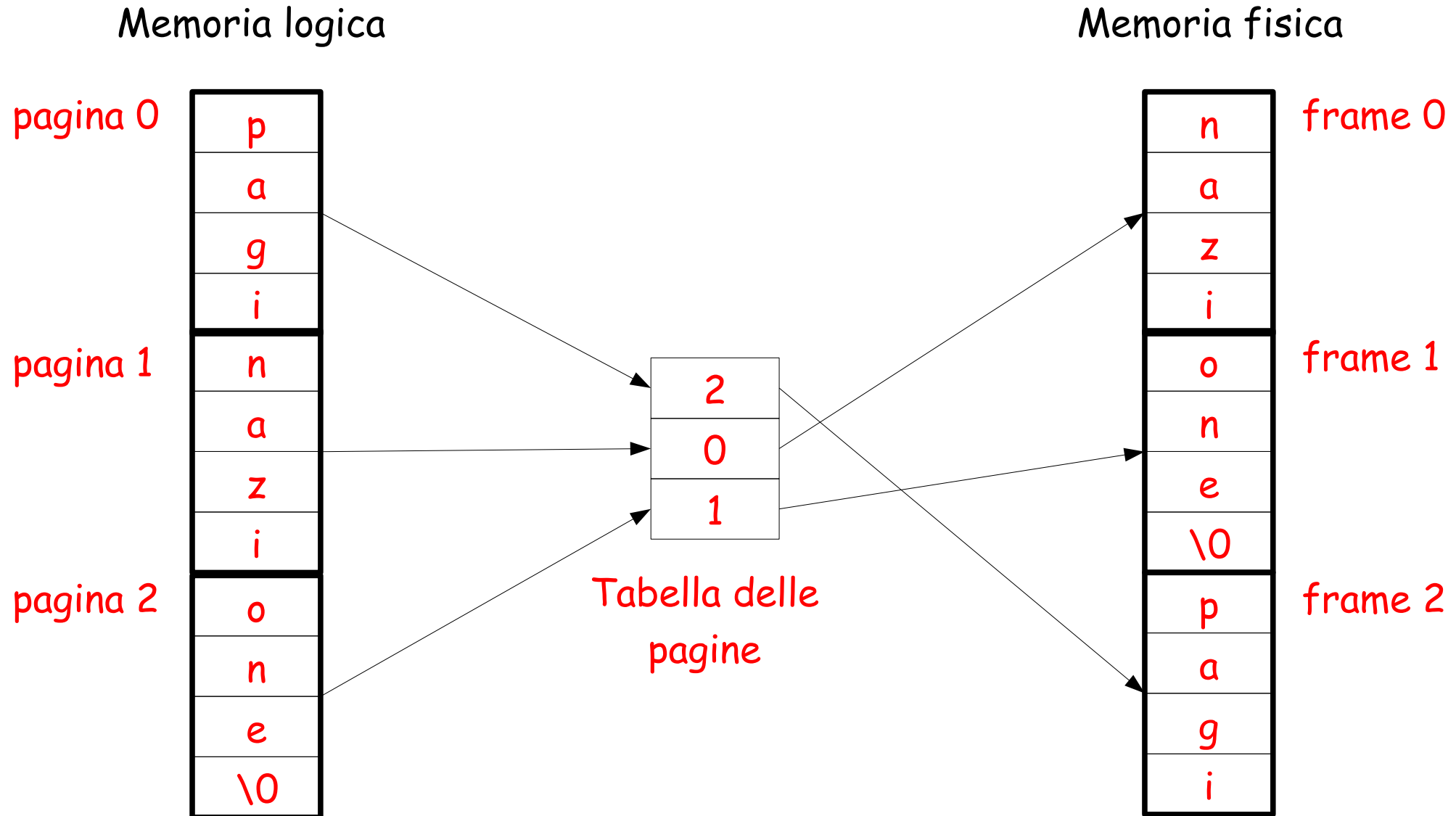
P₂ in

P₃ in

P₂ out

P₄ in

Paginazione - Esempio

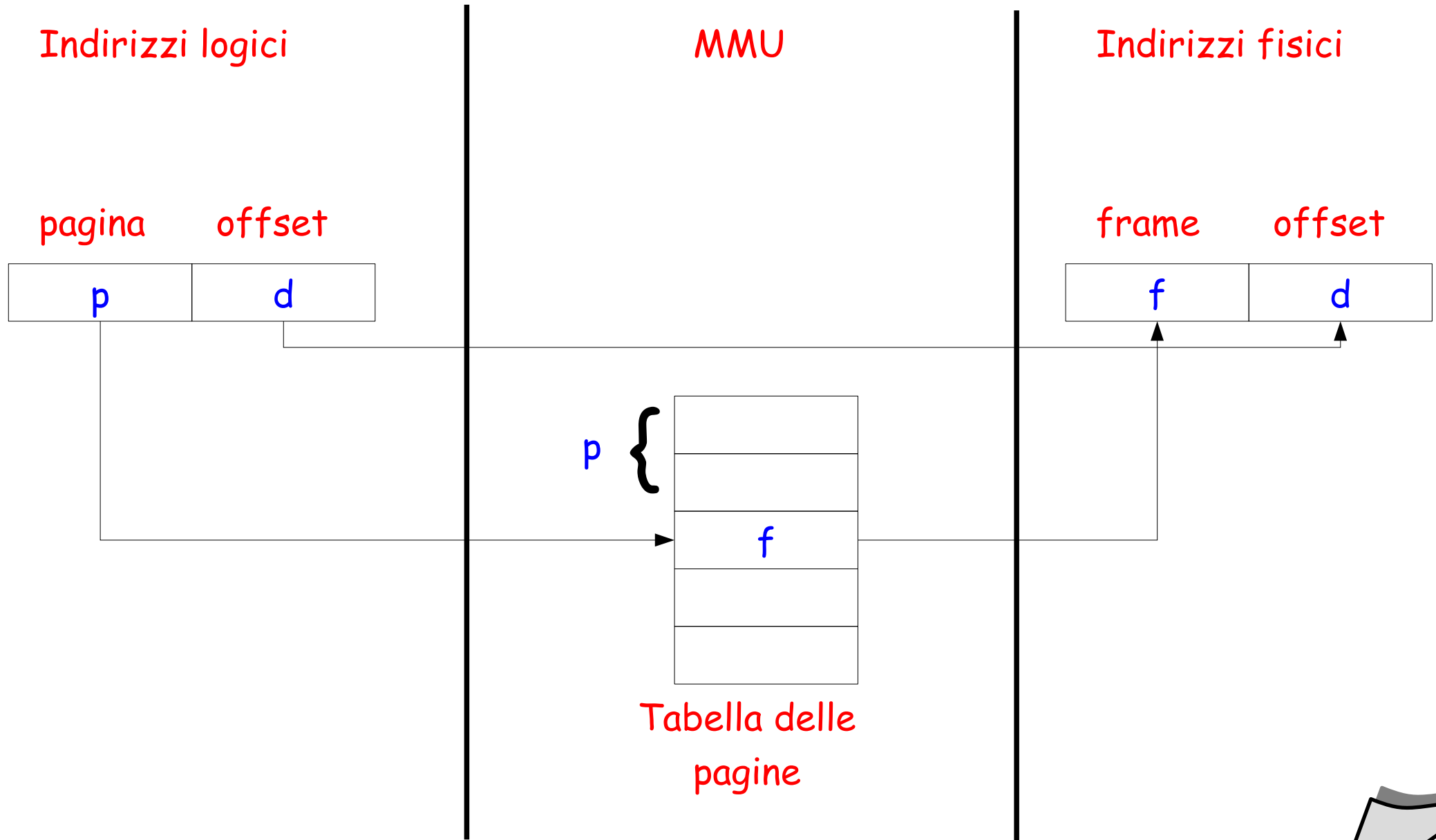


Dimensione delle pagine



- ♦ **Come scegliere la dimensione delle pagine?**
 - ♦ la dimensione delle pagine deve essere una potenza di due, per semplificare la trasformazione da indirizzi logici a indirizzi fisici
 - ♦ la scelta della dimensione deriva da un trade-off
 - ♦ con pagine troppo piccole, la tabella delle pagine cresce di dimensioni
 - ♦ con pagine troppo grandi, lo spazio di memoria perso per frammentazione interna può essere considerevole
 - ♦ valori tipici: 1KB, 2KB, **4KB**, 4MB

Supporto hardware (MMU) per paginazione



Implementazione della page table

- ♦ Dove mettere la tabella delle pagine?
- ♦ **Soluzione 1: registri dedicati**
 - ♦ la tabella può essere contenuta in un insieme di registri ad alta velocità all'interno del modulo MMU (o della CPU)
 - ♦ problema: troppo costoso
 - ♦ esempio:
 - ♦ pagine di 4K, processore a 32 bit
 - ♦ numero di pagine nella page table: 1M (1.048.576)
- ♦ **Soluzione 2: totalmente in memoria**
 - ♦ problema: il numero di accessi in memoria verrebbe raddoppiato; ad ogni riferimento, bisognerebbe prima accedere alla tabella delle pagine, poi al dato
 - ♦ **Soluzione**: cache per tabella delle pagine: **Translation lookaside buffer (TLB)**

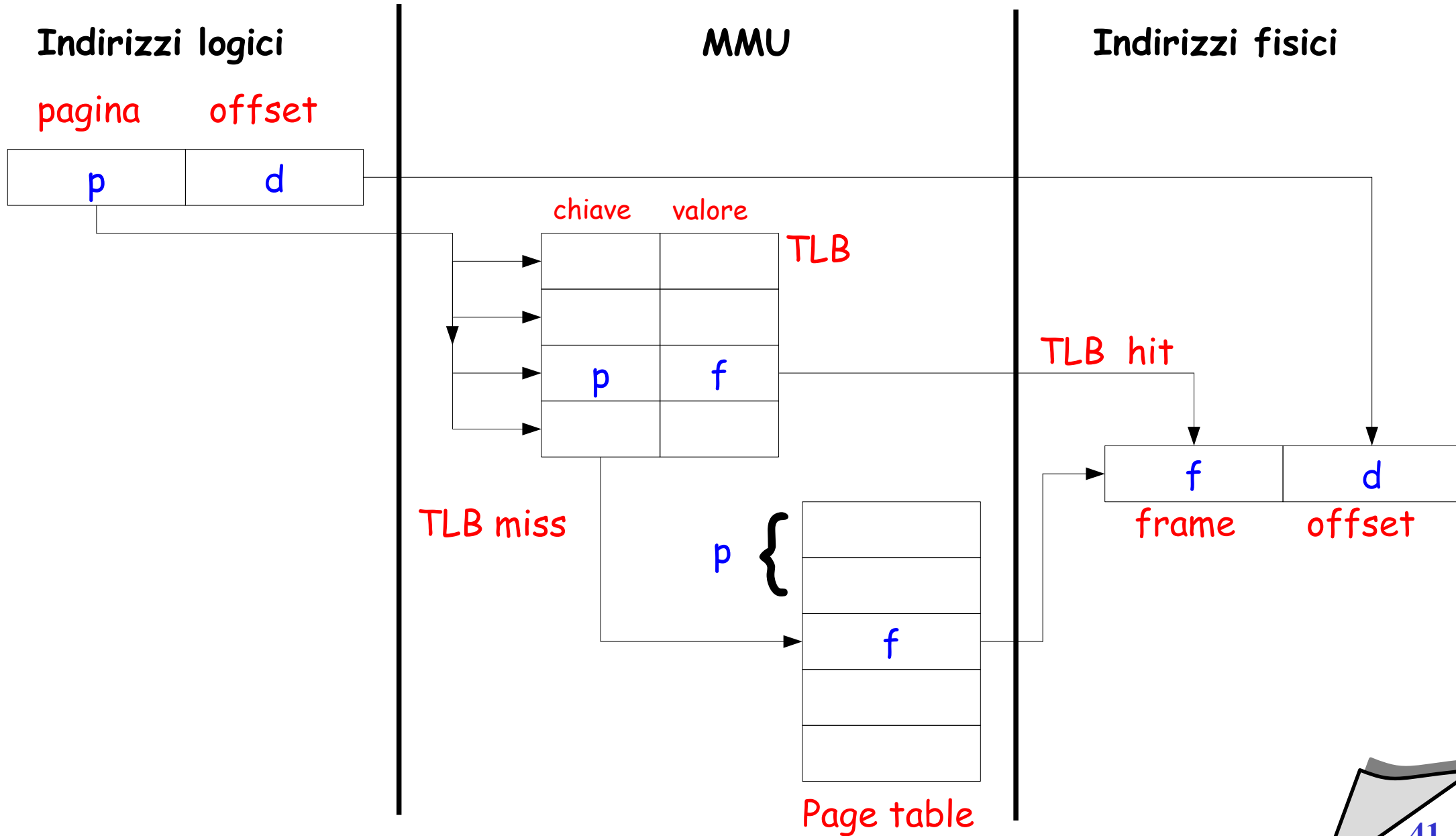
Translation lookaside buffer (TLB)



♦ Descrizione

- ♦ un TLB è costituito da un insieme di registri associativi ad alta velocità
- ♦ ogni registro è suddiviso in due parti, una chiave e un valore
 - ♦ Nel nostro caso,
 - ♦ la chiave è l'indice della pagina
 - ♦ Il valore è l'elemento della tabella delle pagine
- ♦ operazione di lookup
 - ♦ viene richiesta la ricerca di una chiave
 - ♦ la chiave viene confrontata simultaneamente con tutte le chiavi presenti nel buffer
 - ♦ se la chiave è presente (TLB hit), si ritorna il valore corrispondente
 - ♦ se la chiave non è presente (TLB miss), si utilizza la tabella in memoria

Translation lookaside buffer (TLB)



Translation lookaside buffer (TLB)



- ♦ **Note**

- ♦ la TLB agisce come memoria cache per le tabelle delle pagine
- ♦ il meccanismo della TLB (come tutti i meccanismi di caching) si basa sul principio di località
- ♦ l'hardware per la TLB è costoso
- ♦ dimensioni dell'ordine 8-2048 registri

Segmentazione



- ♦ **In un sistema con segmentazione**
 - ♦ la memoria associata ad un programma è suddivisa in aree differenti dal punto di vista funzionale
- ♦ **Esempio**
 - ♦ aree text:
 - ♦ contengono il codice eseguibile
 - ♦ sono normalmente in sola lettura (solo i virus cambiano il codice)
 - ♦ possono essere condivise tra più processi (codice reentrant)
 - ♦ aree dati
 - ♦ possono essere condivise oppure no
 - ♦ area stack
 - ♦ read/write, non può assolutamente essere condivisa

Segmentazione



- ♦ **In un sistema basato su segmentazione**
 - ♦ uno spazio di indirizzamento logico è dato da un insieme di segmenti
 - ♦ un segmento è un'area di memoria (logicamente continua) contenente elementi tra loro affini
 - ♦ ogni segmento è caratterizzato da un *nome* (normalmente un indice) e da una *lunghezza*
 - ♦ ogni riferimento di memoria è dato da una coppia *<nome segmento, offset>*
- ♦ **Spetta al programmatore o al compilatore la suddivisione di un programma in segmenti**

Segmentazione vs Paginazione



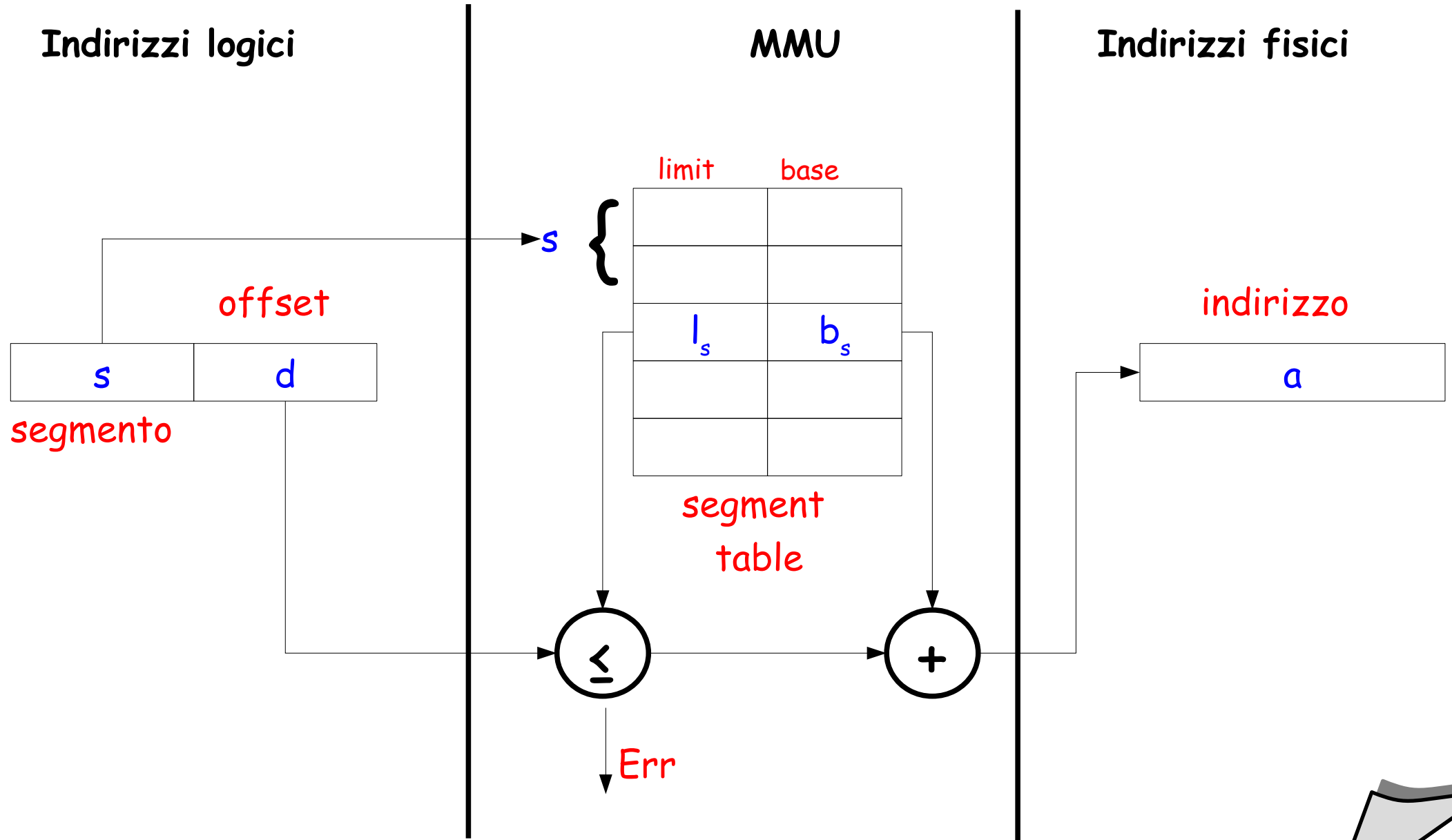
♦ Paginazione

- ♦ la divisione in pagine è automatica.
- ♦ le pagine hanno dimensione fissa
- ♦ le pagine possono contenere informazioni disomogenee (ad es. sia codice sia dati)
- ♦ una pagina ha un indirizzo
- ♦ dimensione tipica della pagina: 1-4 KB

♦ Segmentazione

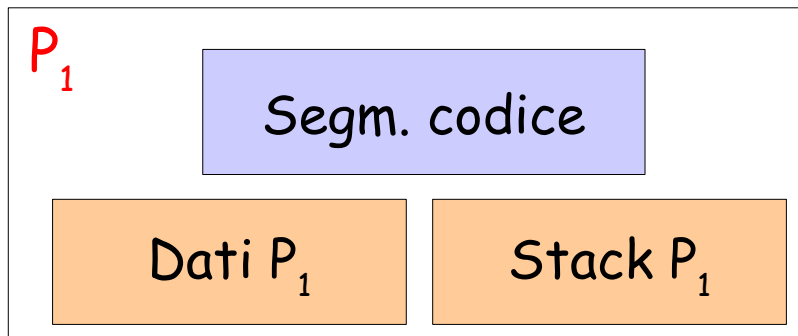
- ♦ la divisione in segmenti spetta al programmatore.
- ♦ i segmenti hanno dimensione variabile
- ♦ un segmento contiene informazioni omogenee per tipo di accesso e permessi di condivisione
- ♦ un segmento ha un nome.
- ♦ dimensione tipica di un segmento: 64KB - 1MB

Supporto hardware per segmentazione

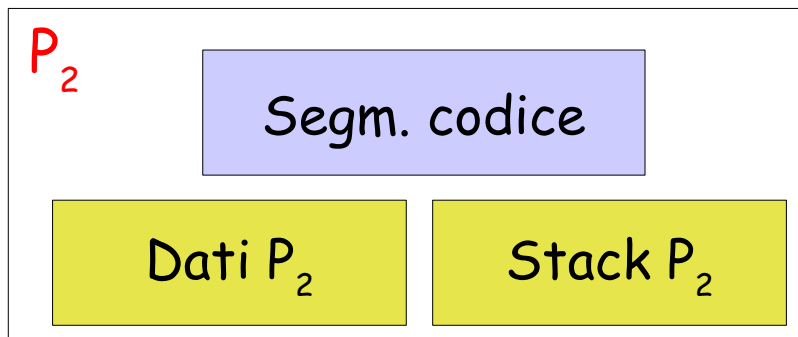


Segmentazione e condivisione

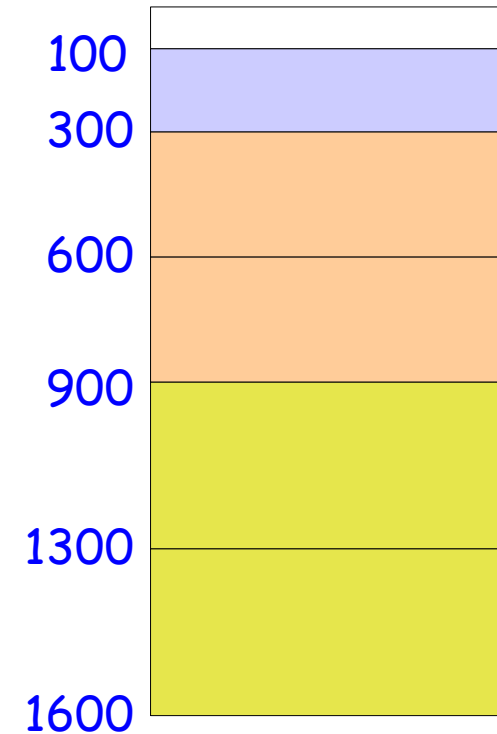
- La segmentazione consente la condivisione di codice e dati
- Esempio: editor condiviso



Code	100	200
Data	300	300
Stack	600	300



Code	100	200
Data	900	400
Stack	1300	400



Segmentazione e frammentazione



- ♦ **Problema**
 - ♦ allocare segmenti di dimensione variabile è del tutto equivalente al problema di allocare in modo contiguo la memoria dei processi
 - ♦ è possibile utilizzare
 - ♦ tecniche di allocazione dinamica (e.g., First Fit)
 - ♦ compattazione
- ♦ **ma così torniamo ai problemi precedenti, quelli incontrati nella allocazione contigua di memoria per tutto un processo !**

Segmentazione e paginazione



- ♦ **Segmentazione + paginazione**

- ♦ è possibile utilizzare il metodo della paginazione combinato al metodo della segmentazione
- ♦ ogni segmento viene suddiviso in pagine che vengono allocate in frame liberi della memoria (non necessariamente contigui)

- ♦ **Requisiti hardware**

- ♦ la MMU deve avere sia il supporto per la segmentazione sia il supporto per la paginazione

- ♦ **Benefici**

- ♦ sia quelli della segmentazione (condivisione, protezione)
- ♦ sia quelli della paginazione (no frammentazione esterna)

Memoria virtuale



- ♦ **Definizione**

- ♦ è la tecnica che permette l'esecuzione di processi che non sono completamente in memoria

- ♦ **Considerazioni**

- ♦ permette di eseguire in concorrenza processi che nel loro complesso (o anche singolarmente) hanno necessità di memoria maggiore di quella disponibile
- ♦ la memoria virtuale può diminuire le prestazioni di un sistema se implementata (e usata) nel modo sbagliato

Memoria virtuale



- ♦ **Requisiti di un'architettura di Von Neumann**
 - ♦ le istruzioni da eseguire e i dati su cui operano devono essere in memoria
- ♦ **ma....**
 - ♦ non è necessario che l'intero spazio di indirizzamento logico di un processo sia in memoria
 - ♦ i processi non utilizzano tutto il loro spazio di indirizzamento *contemporaneamente*
 - ♦ routine di gestione errore
 - ♦ strutture dati allocate con dimensioni massime ma utilizzate solo parzialmente
 - ♦ passi di avanzamento di un programma (e.g. compilatore a due fasi)

Memoria virtuale



♦ Implementazione

- ♦ ogni processo ha accesso ad uno *spazio di indirizzamento virtuale* che può essere più grande di quello fisico
- ♦ gli indirizzi virtuali
 - ♦ possono essere mappati su indirizzi fisici della memoria principale
 - ♦ oppure, possono essere mappati su memoria secondaria (spazio su disco)
- ♦ in caso di accesso ad indirizzi virtuali mappati in memoria secondaria:
 - ♦ i dati associati vengono trasferiti in memoria principale
 - ♦ se la memoria è piena, si sposta in memoria secondaria i dati contenuti in memoria principale che sono considerati meno utili

Memoria virtuale



- ♦ **Paginazione a richiesta (*demand paging*)**
 - ♦ si utilizza la tecnica della paginazione, ammettendo però che alcune pagine possano essere in memoria secondaria
- ♦ **Nella tabella delle pagine**
 - ♦ si utilizza un bit (*v*, per valid) che indica se la pagina è presente in memoria centrale oppure no
- ♦ **Quando un processo tenta di accedere ad un pagina non in memoria**
 - ♦ il processore genera una eccezione di tipo fault (*page fault*)
 - ♦ un componente del s.o. (*pager*) si occupa di caricare la pagina mancante in memoria, e di aggiornare di conseguenza la tabella delle pagine

Memoria virtuale - Esempio

0	A
1	B
2	C
3	D
4	E
5	F
6	G
7	H

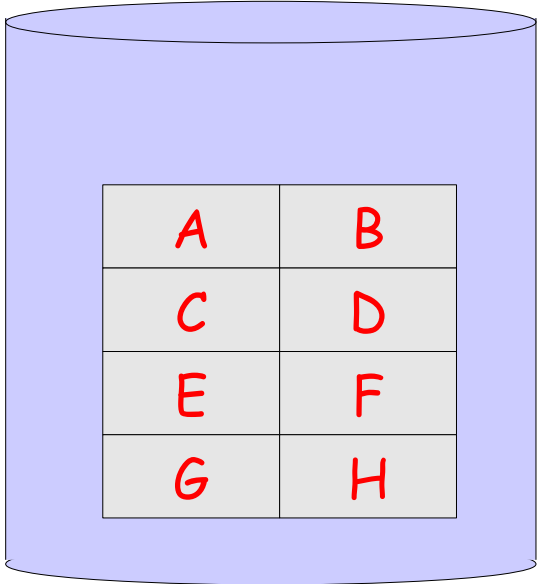
Memoria Logica

	frame	bit valid/ invalid
0	4	v
1		i
2	6	v
3		i
4		i
5	1	v
6		i
7		i

Page Table

0	
1	F
2	
3	
4	A
5	
6	C
7	
8	
9	
10	
11	

Memoria principale



Memoria secondaria

Pager/swapper



- ♦ **Swap**

- ♦ con questo termine si intende l'azione di copiare l'intera area di memoria usata da un processo
 - ♦ dalla memoria secondaria alla memoria principale (*swap-in*)
 - ♦ dalla memoria principale alla memoria secondaria (*swap-out*)
- ♦ era una tecnica utilizzata nel passato quando demand paging non esisteva

- ♦ **Paginazione su richiesta**

- ♦ può essere vista come una tecnica di swap di tipo lazy (pigro)
- ♦ viene caricato solo ciò che serve

Pager/swapper



- ♦ **Per questo motivo**

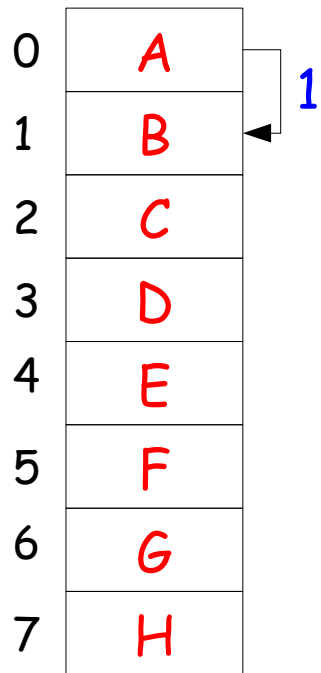
- ♦ alcuni sistemi operativi indicano il pager con il nome di *swapper*
- ♦ è da considerarsi una terminologia obsoleta

- ♦ **Nota**

- ♦ però utilizziamo il termine *swap area* per indicare l'area del disco utilizzata per ospitare le pagine in memoria secondaria

Gestione dei page fault

- Supponiamo che una istruzione macchina del codice in pagina 0 faccia riferimento alla pagina 1

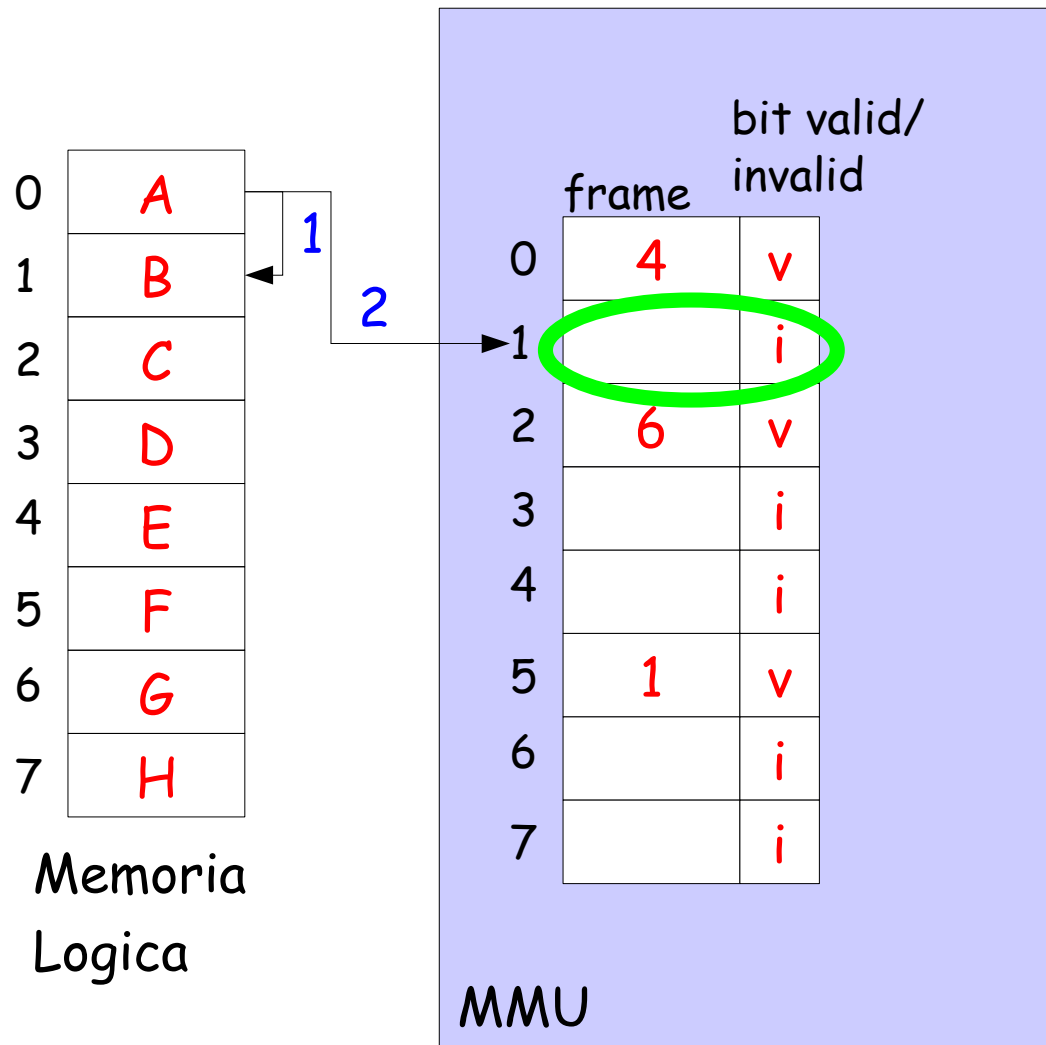


Memoria

Logica

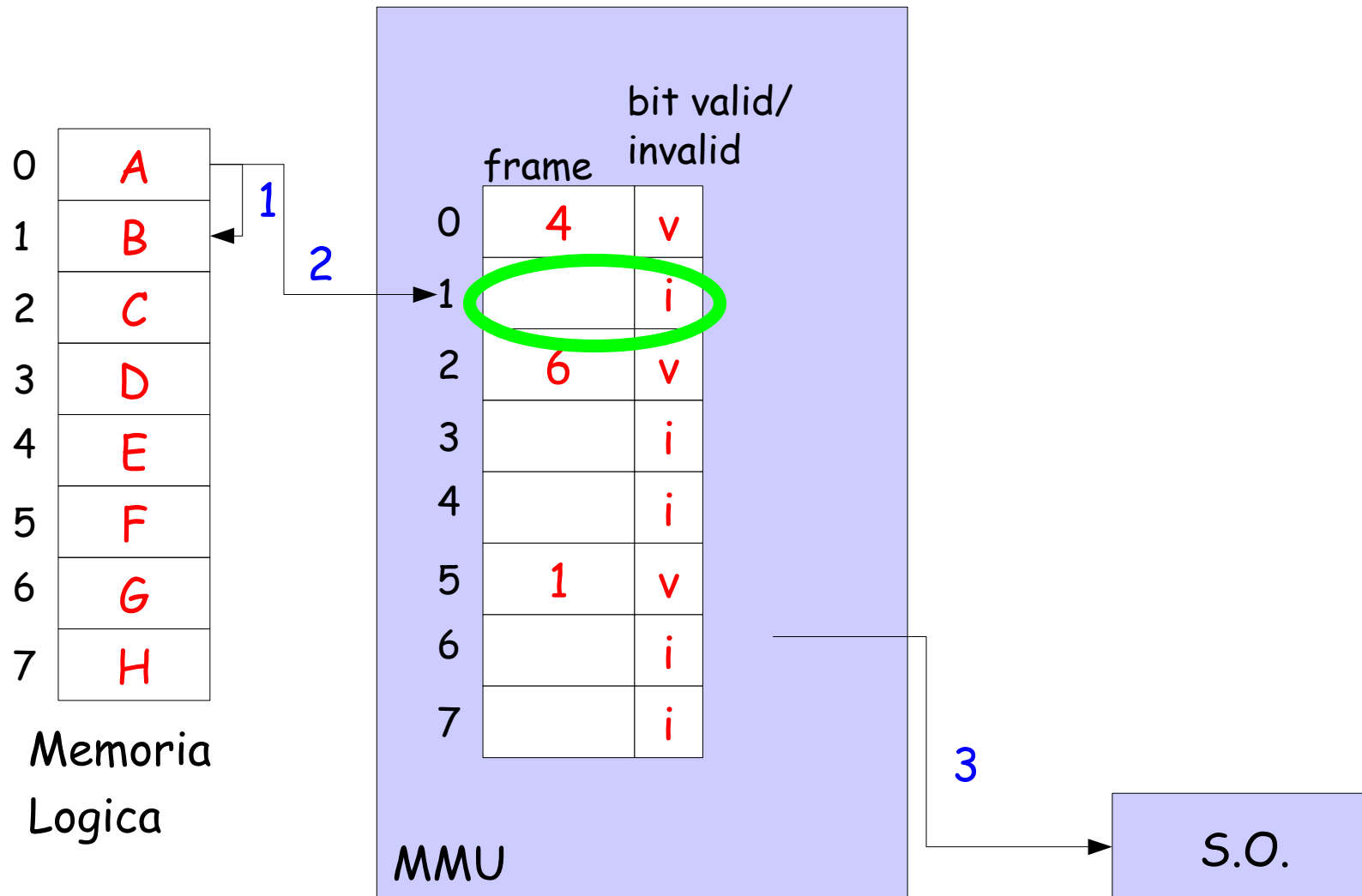
Gestione dei page fault

- La MMU scopre che la pagina 1 non è in memoria principale



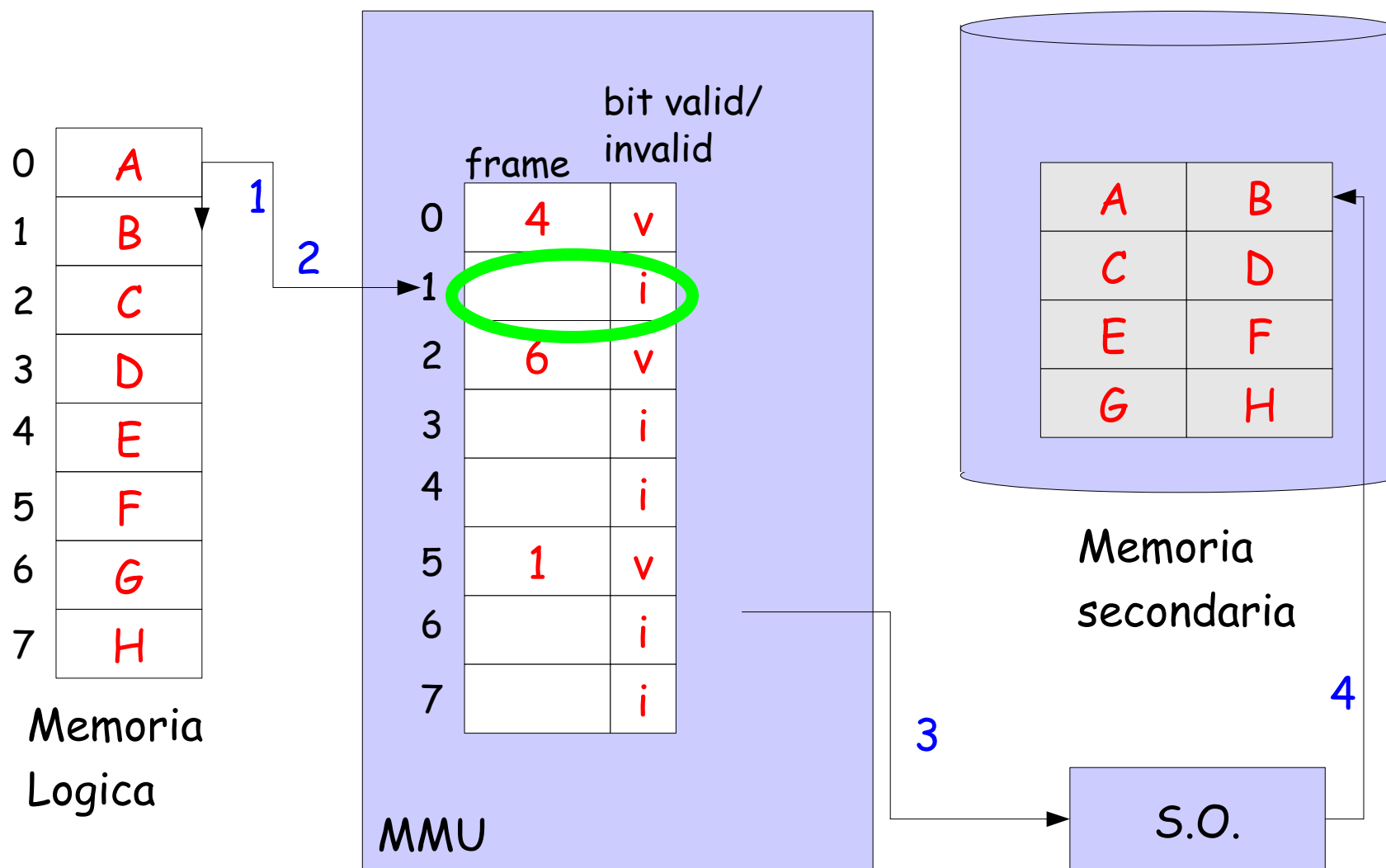
Gestione dei page fault

- Viene generato una eccezione di tipo fault "page fault", che viene catturato dal s.o.



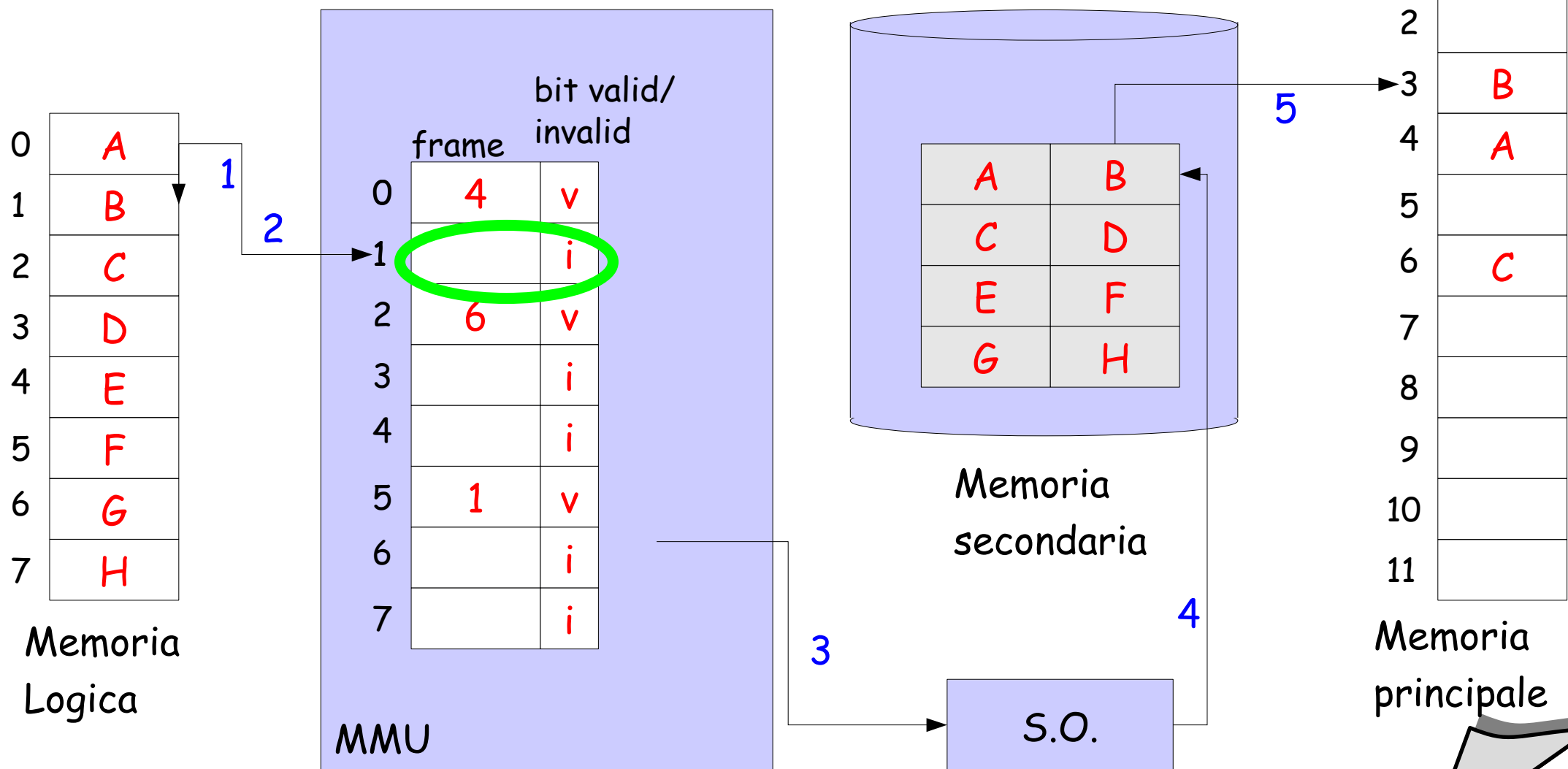
Gestione dei page fault

- Il s.o. cerca in memoria secondaria la pagina da caricare



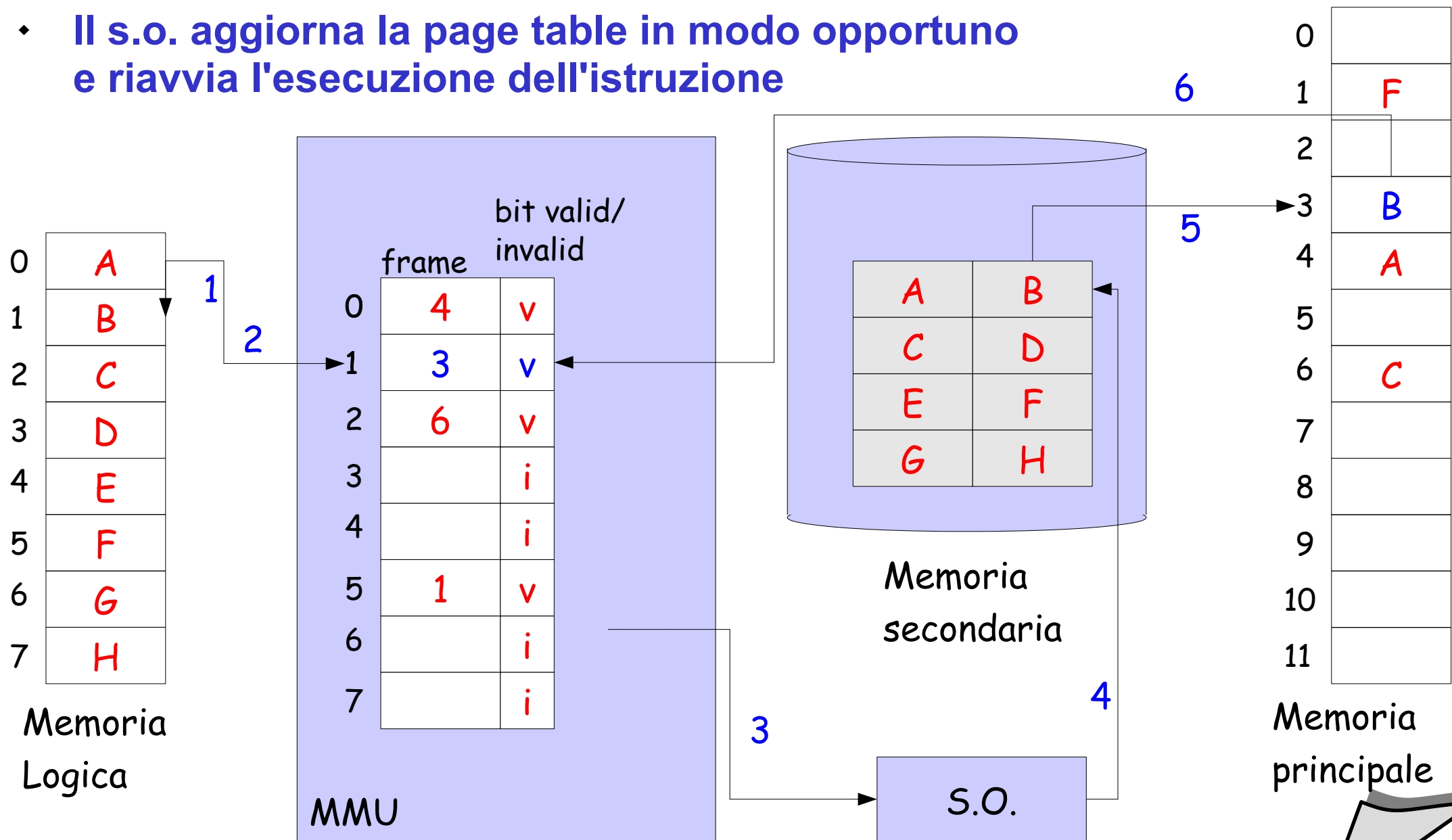
Gestione dei page fault

- Il s.o. carica la memoria principale con il contenuto della pagina



Gestione dei page fault

- Il s.o. aggiorna la page table in modo opportuno e riavvia l'esecuzione dell'istruzione



Gestione dei page fault



- ♦ **Cosa succede in mancanza di frame liberi?**
 - ♦ occorre "liberarne" uno
 - ♦ la pagina vittima deve essere la meno "utile"
- ♦ **Algoritmi di sostituzione o rimpiazzamento**
 - ♦ la classe di algoritmi utilizzati per selezionare la pagina da sostituire

Algoritmo del meccanismo di demand paging



- Individua la pagina in memoria secondaria (disco)
- Individua un frame libero
- Se non esiste un frame libero
 - richiama algoritmo di rimpiazzamento
 - aggiorna la tabella delle pagine (invalida pagina "vittima")
 - se la pagina "vittima" è stata variata, scrive la pagina sul disco
 - aggiorna la tabella dei frame (frame libero)
- Aggiorna la tabella dei frame (frame occupato)
- Leggi la pagina da disco (quella che ha provocato il fault)
- Aggiorna la tabella delle pagine
- Riattiva il processo

Algoritmi di rimpiazzamento



- ♦ **Obiettivi**

- ♦ minimizzare il numero di page fault

- ♦ **Valutazione**

- ♦ gli algoritmi vengono valutati esaminando come si comportano quando applicati ad una *stringa di riferimenti* in memoria

- ♦ **Stringhe di riferimenti**

- ♦ possono essere generate esaminando il funzionamento di programmi reali o con un generatore di numeri random

Algoritmi di rimpiazzamento



- ♦ **Nota:**

- ♦ la stringa di riferimenti può essere limitata ai numeri di pagina, in quanto non siamo interessati agli offset

- ♦ **Esempio**

- ♦ stringa di riferimento completa (in esadecimale):
 - ♦ 71,0a,13,25,0a,3f,0c,4f,21,30,00,31,21,1a,2b,03,1a,77,11
- ♦ stringa di riferimento delle pagine
(in esadecimale, con pagine di 16 byte)
 - ♦ 7,0,1,2,0,3,0,4,2,3,0,3,2,1,2,0,1,7,1