



Lecture
9_5.3

Virtual Memory



Test
Group

Paolo PRINETTO

Politecnico di Torino (Italy)

University of Illinois at Chicago, IL (USA)

Paolo.Prinetto@polito.it

prinetto@uic.edu

www.testgroup.polito.it

www.comitato-girotondo.org

License Information

This work is licensed under the
Creative Commons BY-NC
License



To view a copy of the license, visit:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/legalcode>

Disclaimer

- **We disclaim any warranties or representations as to the accuracy or completeness of this material.**
- **Materials are provided “as is” without warranty of any kind, either express or implied, including without limitation, warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, and non-infringement.**
- **Under no circumstances shall we be liable for any loss, damage, liability or expense incurred or suffered which is claimed to have resulted from use of this material.**

Goal

- This lecture presents the basic concepts of virtual memory and a typical related hardware architecture.

Prerequisites

- **Module 0_4 : Digital Systems: Definitions and Taxonomies**

Homework

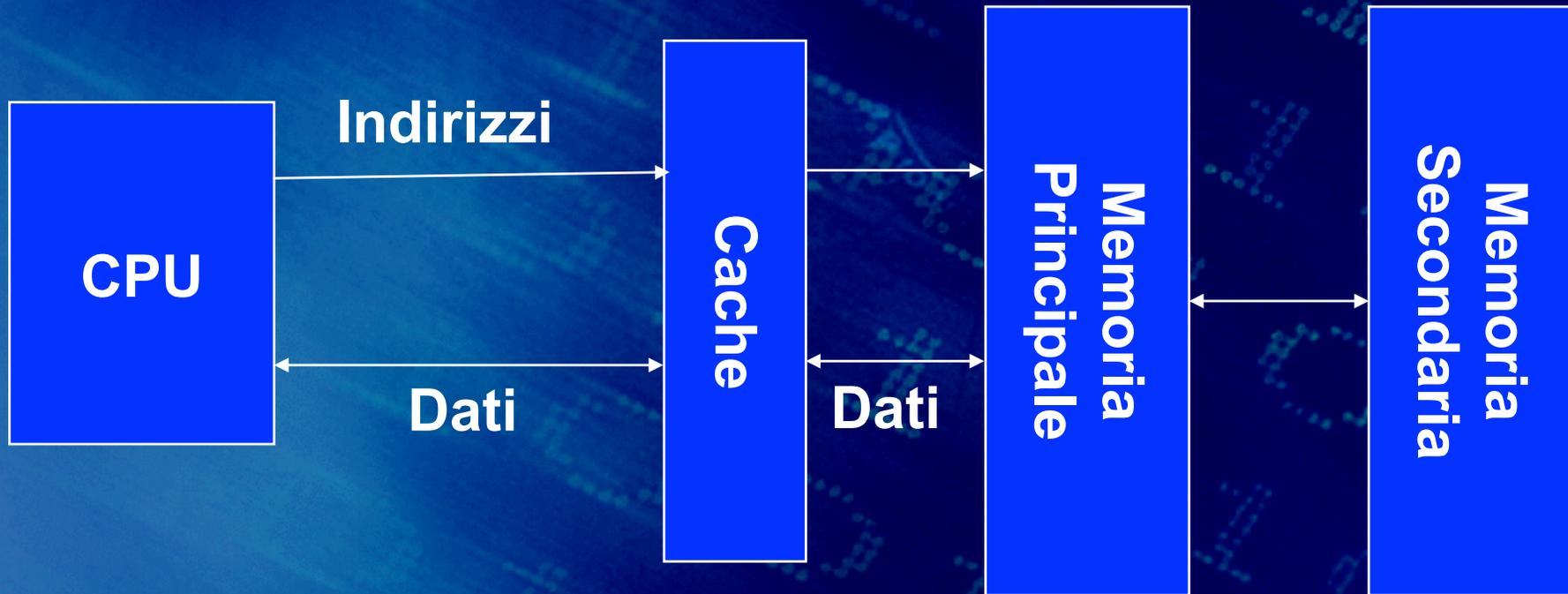
- **None**

Further readings

Students interested in making a reference to a text book on the arguments covered in this lecture can refer, for instance, to:

- . G. Conte, A. Mazzeo, N. Mazzocca, P. Prinetto: *Architettura dei Sistemi di Elaborazione* Utet, 2012 (Chapter 7 - Sistema delle memorie)**

Architettura generale



Memoria Virtuale

- Nei moderni sistemi di elaborazione, il Sistema Operativo sposta i programmi e i dati dalla memoria secondaria alla memoria principale; le tecniche di spostamento prendono il nome di **Memoria Virtuale**.
- Di conseguenza, il processore genera degli indirizzi virtuali che verranno poi tradotti negli indirizzi fisici mediante opportuni strumenti hw e sw

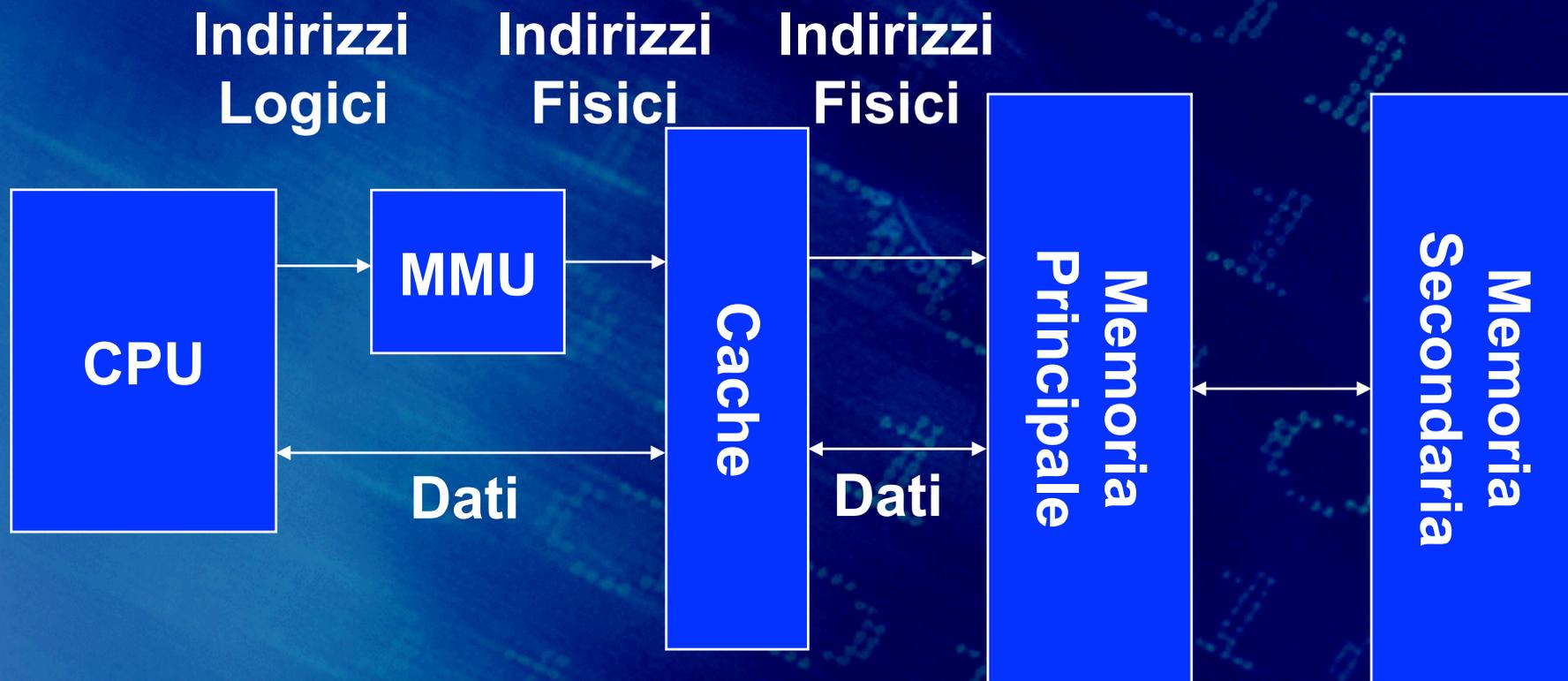
Memoria Virtuale

- **La *Memoria Virtuale* è un meccanismo attraverso il quale il processore utilizza uno spazio di indirizzamento molto maggiore delle dimensioni della memoria principale realmente disponibile**
- **Il meccanismo sfrutta il principio della località dei riferimenti e si basa sul tentativo di tenere in memoria principale i dati e le istruzioni che si prevede debbano venire utilizzati a breve dal processore**
- **Gli altri dati e le altre istruzioni restano memorizzati nella memoria secondaria**

Indirizzi Fisici e Indirizzi Logici

- Il processore fa riferimento alla memoria attraverso *indirizzi logici*
- La memoria è invece organizzata in *indirizzi fisici*
- Il meccanismo della memoria virtuale crea una corrispondenza *dinamica* tra indirizzi fisici e logici
- La traduzione da indirizzi logici a fisici, viene effettuata run-time, in hardware, dalla Memory Management Unit (MMU).

Architettura generale



Vantaggi

- **L'uso della memoria virtuale:**
 - **evita al programmatore di dover gestire esplicitamente la memoria**
 - **permette un uso efficiente della memoria in ambienti multi-utente**
 - **rende i programmi indipendenti (dal punto di vista funzionale) dalla configurazione reale di memoria del sistema**
 - **fa sì che i programmi vedano una memoria con ridotti tempi di accesso e basso costo per bit.**

Funzionamento

- Per ogni indirizzo generato dal processore, la MMU provvede a:
 - verificare se la parola richiesta si trova fisicamente nella memoria principale
 - Se si: produrre l'indirizzo fisico corrispondente
 - Se no (**page fault**): richiedere l'intervento del Sistema Operativo, che provvede a spostare il relativo blocco di memoria dalla memoria di massa alla memoria principale.

Suddivisione in Pagine

- Tutti i programmi e i dati sono organizzati in unità di lunghezza predefinita: ***le pagine***
- Le pagine rappresentano l'unità minima di informazione che viene spostata dalla memoria secondaria alla memoria principale
- Le pagine devono essere opportunamente dimensionate: la dimensione tipica varia tra 1 kB e 64 kB

Suddivisione in Pagine

- **Vista la località dei riferimenti, conviene fare in modo che:**
 - **la memoria sia suddivisa in *pagine***
 - **quando la CPU fa accesso a un dato in una pagina non contenuta nella memoria principale, vi venga trasferita l'intera pagina, di solito utilizzando il meccanismo del DMA.**

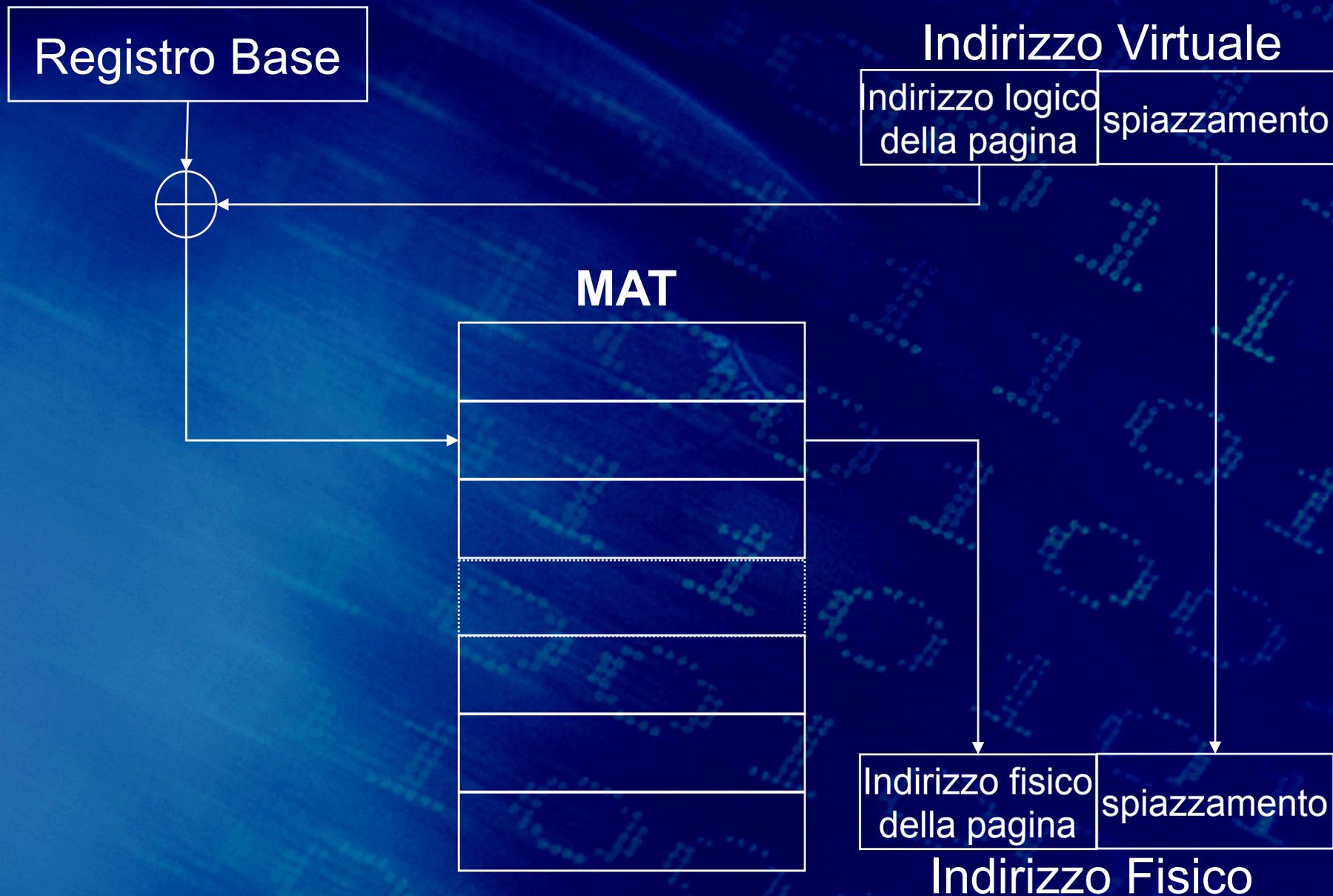
Memory Address Table

- La tabella di corrispondenza tra indirizzi logici e fisici è costituita da una tabella detta ***Memory Address Table (MAT)***
- La MAT contiene una entry per ogni pagina virtuale, dove memorizza:
 - L'indirizzo fisico al quale la pagina si trova nella memoria principale, oppure
 - La posizione della pagina in memoria secondaria

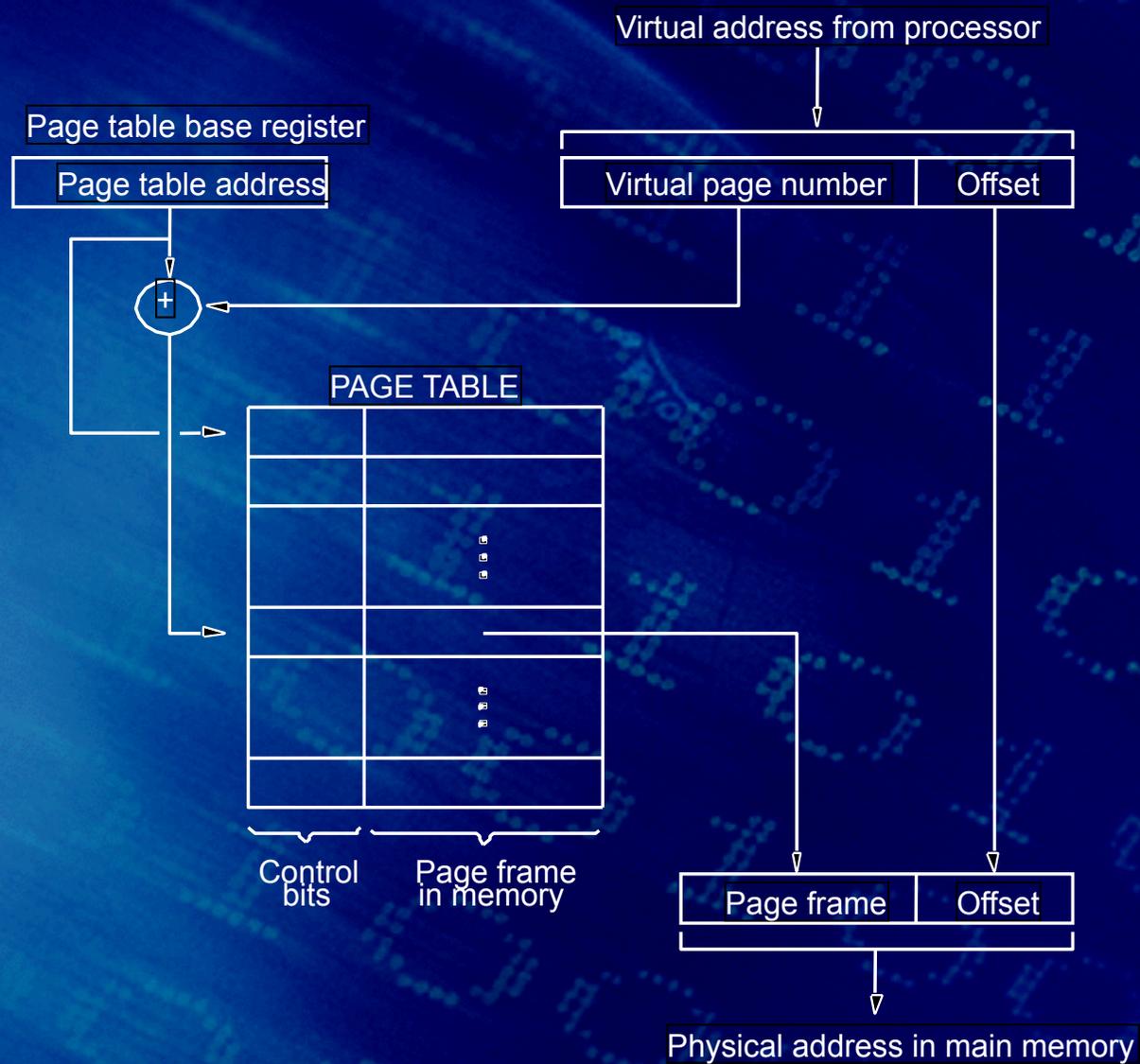
Memory Address Table

- **Per accedere rapidamente all'elemento corretto della MAT la MMU somma al contenuto di un registro che contiene l'indirizzo di base della MAT la parte alta dell'indirizzo (corrispondente al numero della pagina virtuale)**

Traduzione degli indirizzi



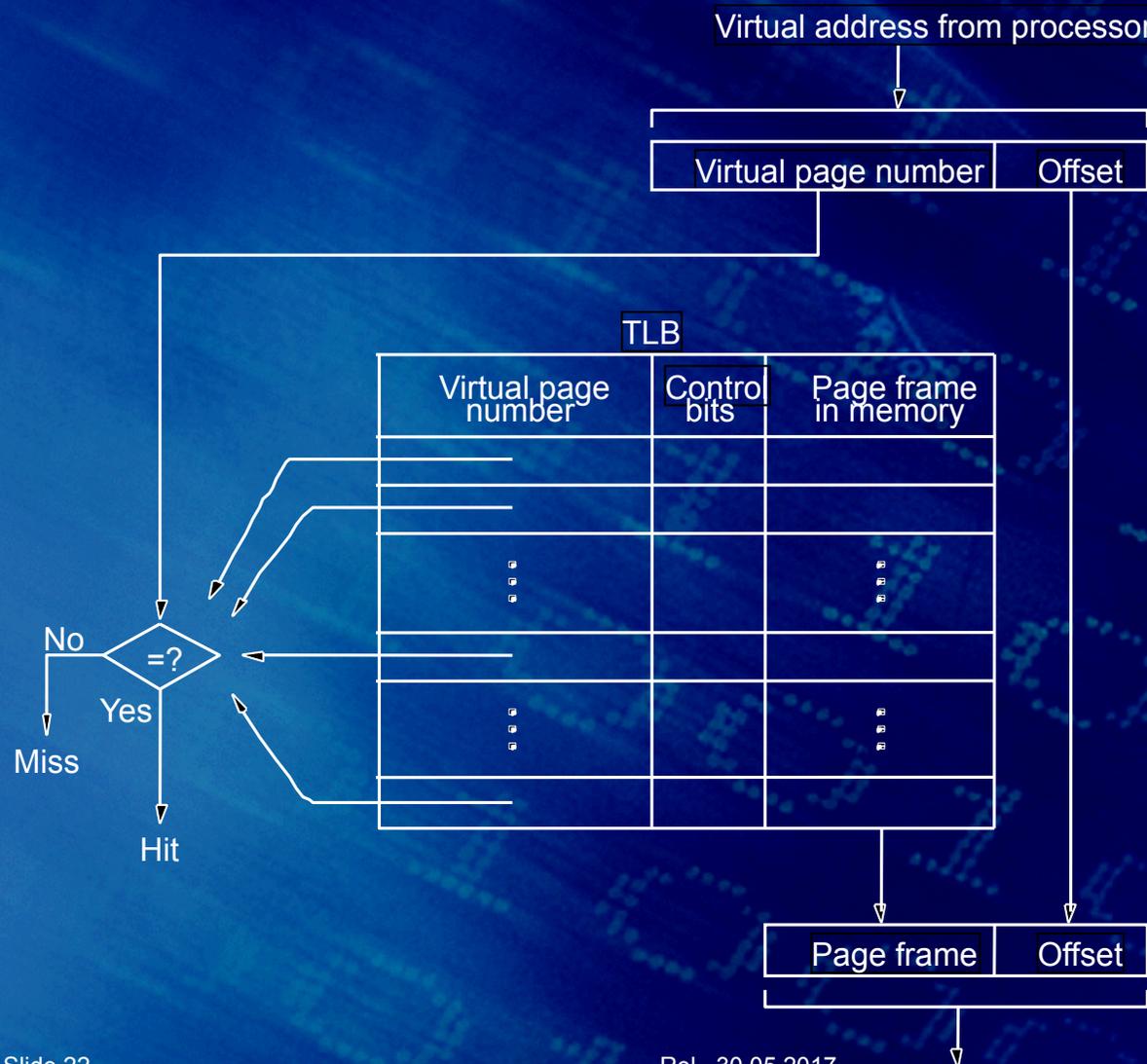
Virtual-memory address translation



TLB

- Poichè a essa viene fatto riferimento molto spesso, parte della MAT è in alcuni casi allocata in una apposita cache denominata **Translation Lookaside Buffer (TLB)**, posta direttamente a bordo della MMU

Use of an associative-mapped TLB



Memoria Virtuale vs Cache

Benché vi siano molti elementi di somiglianza, il rapporto tra cache e memoria principale si differenzia da quello tra memoria principale e memoria secondaria:

- **Rapporto nei tempi di accesso:**
 - 5:1 per le cache
 - 1000:1 per la memoria virtuale
- **Modalità di gestione:**
 - interamente in hardware apposito per le cache
 - con il supporto del S.O. per la memoria virtuale
- **Dimensioni delle pagine:**
 - da 4 a 16 byte per le cache
 - da 1 a 64 kB per la memoria virtuale.

Valutazioni quantitative

- Dal momento che
 - i meccanismi di gestione dei page fault sono implementati via software dal S.O.
 - il rapporto tra il tempo di accesso alla memoria secondaria e quello alla memoria principale è dell'ordine di 100-1000

Conseguenze

- la durata delle operazioni conseguenti a un miss è pari a centinaia di migliaia di colpi di clock
- la probabilità di miss deve quindi essere molto bassa (dell'ordine dello 0.1% o minore)
- le pagine devono essere molto grandi (tra 1 e 64 kB)
- in caso di scrittura, si possono applicare solo meccanismi di tipo write-back.

Малые Автюхи, Калинковичский район, Республики Беларусь

