

Arquitectura d'un ordinador

Elements funcionals i
subsistemes

Curs 2024 - 25



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Accesos a memòria

Escriptura

- Transfereix dades de la CPU a la memòria
`movq %rdx, (%rdi)`
- És una operació d'emmagatzematge (store)

Lectura

- Transfereix dades de la memòria a la CPU
`movq 8(%rax), %rdx`
- És una operació de càrrega

Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Accesos a memòria

Entendre com funcionen aquestes operacions permet..

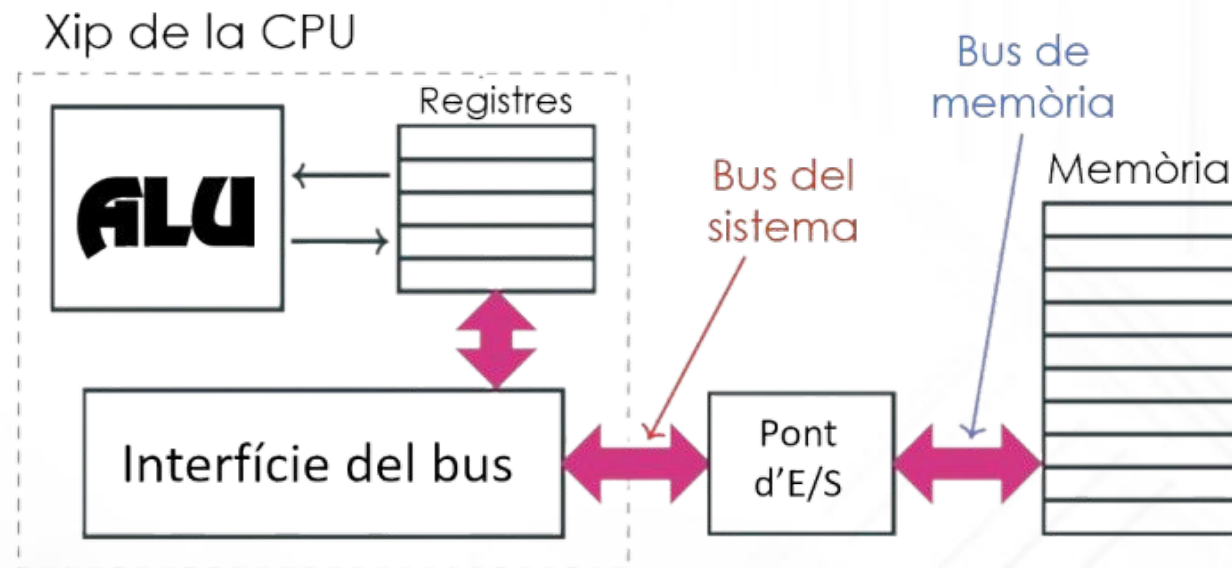
- Tenir una noció sobre els temps d'accés (latències)
- Identificar instruccions que accedeixen a la memòria
 - Possibles colls d'ampolla del programa
 - Possibles optimitzacions

Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. El bus que connecta la memòria i la CPU

Un bus és una col·lecció de cables que porten adreces, dades, i senyals de control.

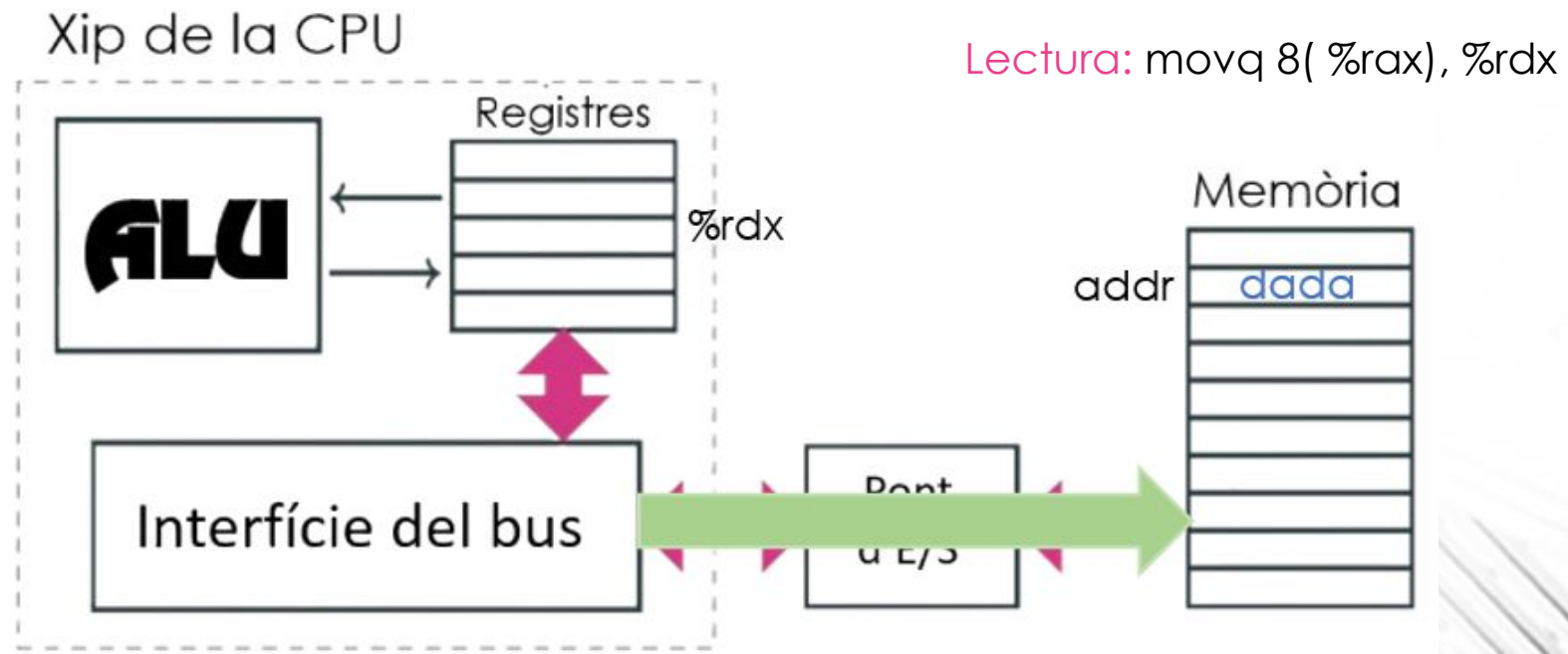
- S'acostumen a compartir entre diversos dispositius.



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Lectura de memòria (1)

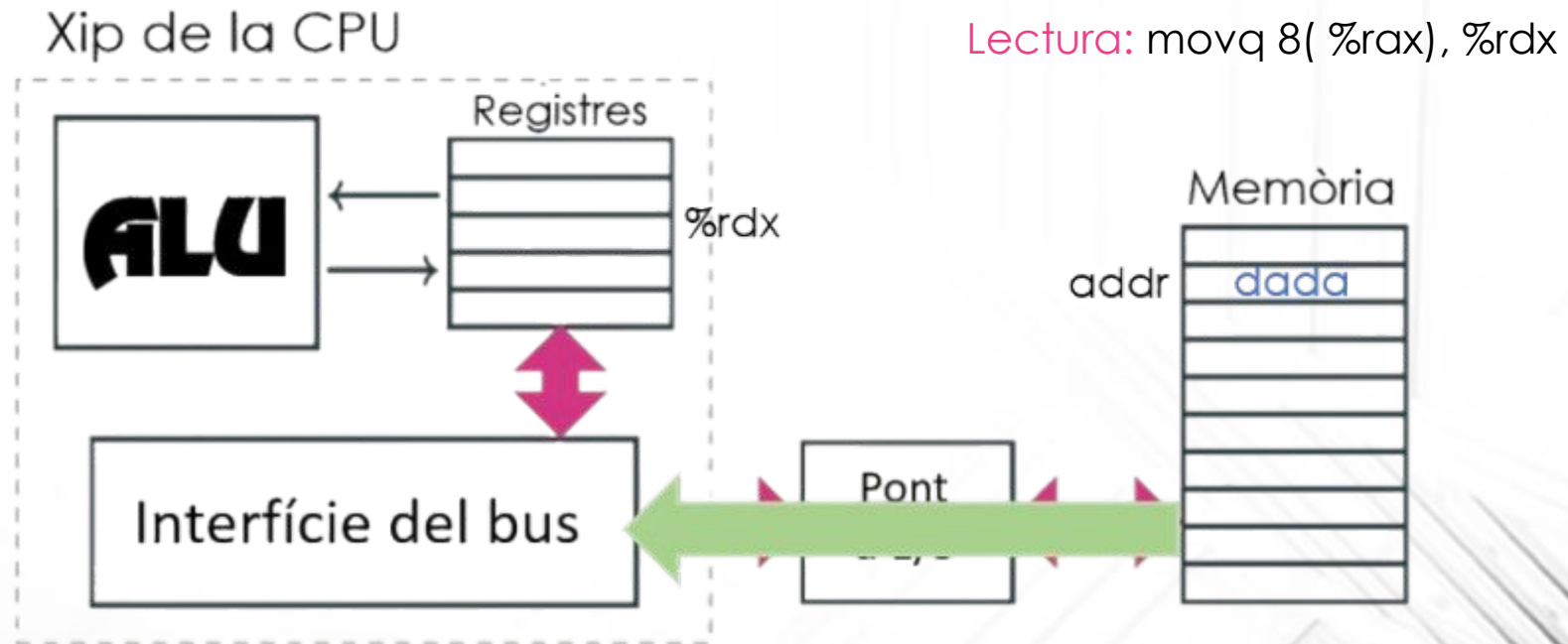
La CPU ubica l'adreça al bus de memòria.



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Lectura de memòria (2)

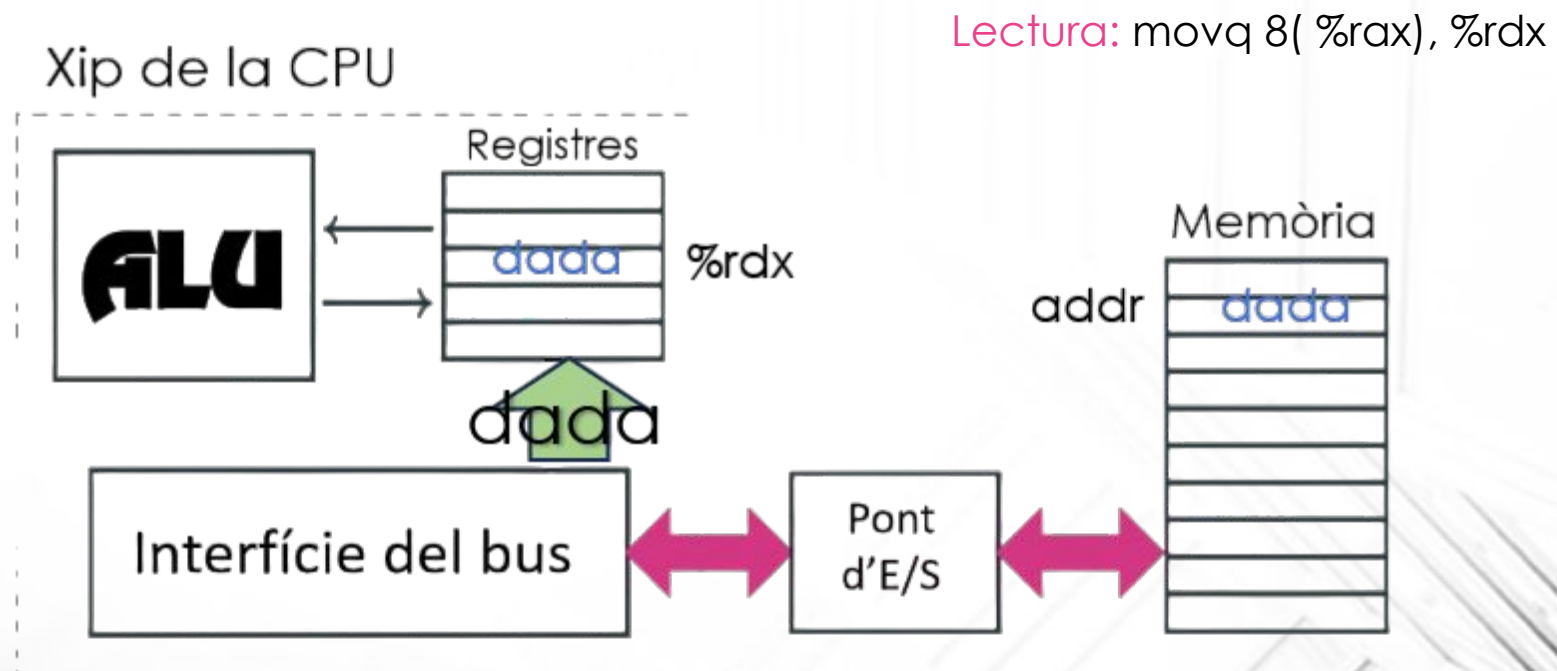
La memòria llegeix l'adreça del bus, llegeix la dada i l'ubica el bus.



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Lectura de memòria (3)

La CPU llegeix la dada del bus i la copia en el registre.

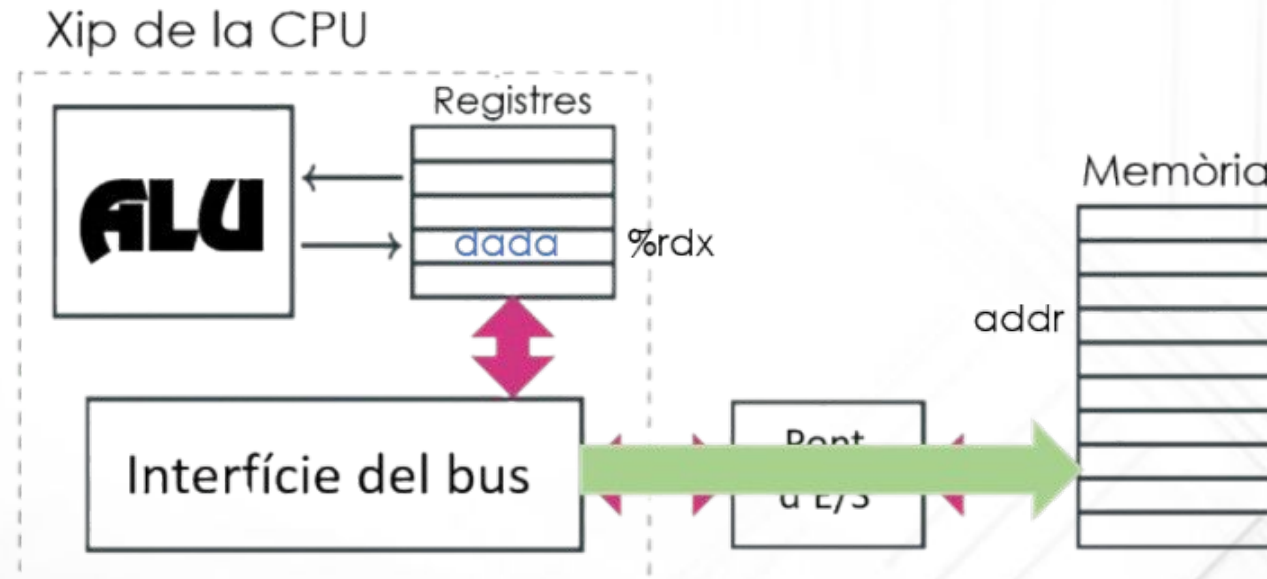


Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Escriptura en memòria (1)

La CPU ubica l'adreça en el bus de memòria. La memòria la llegeix i espera la dada en el bus.

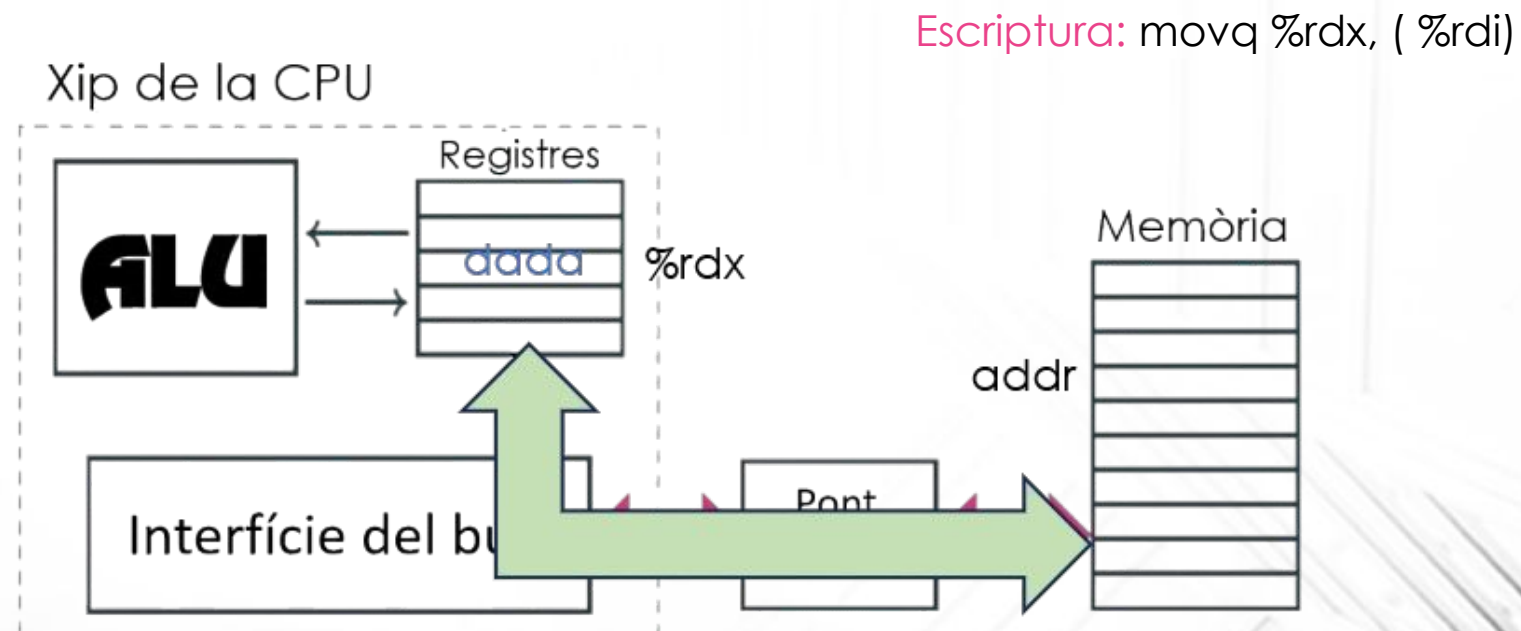
Escriptura: `movq %rdx, (%rdi)`



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Escriptura en memòria (2)

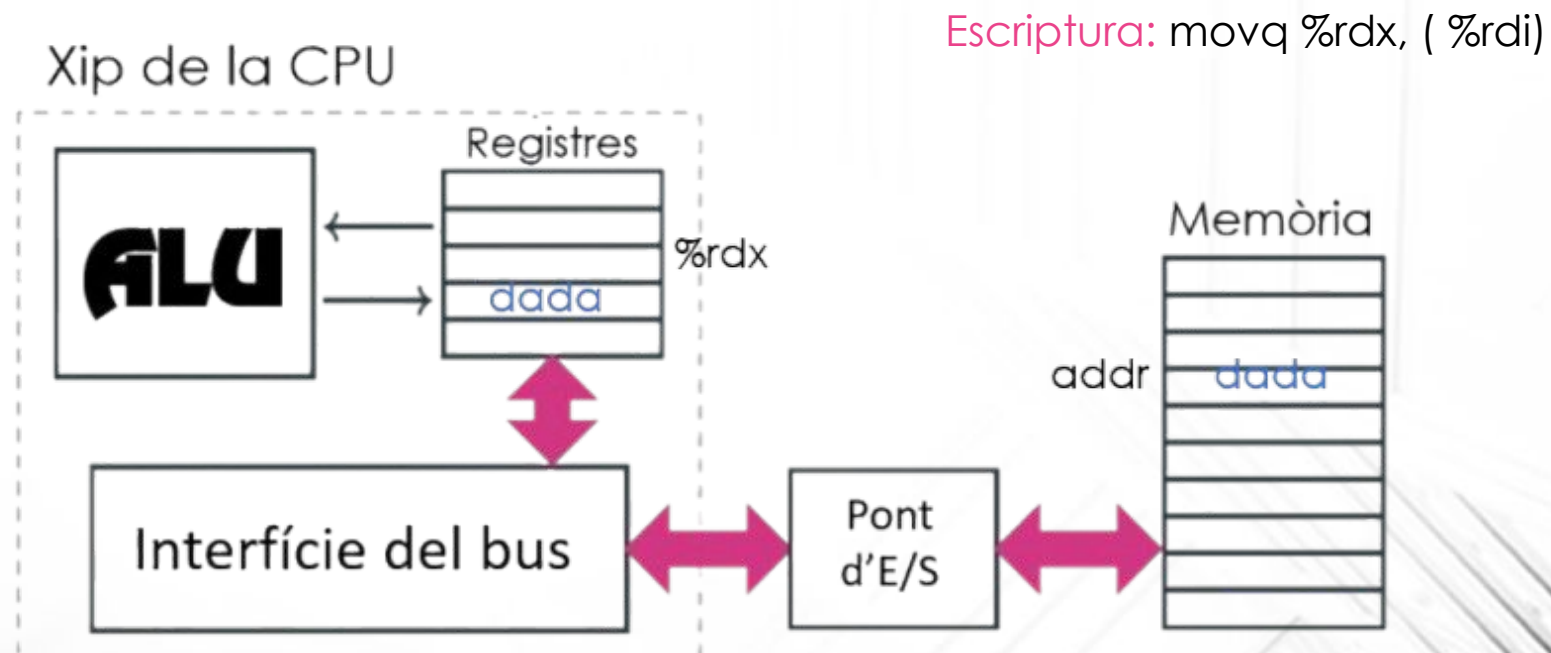
La CPU ubica la dada en el bus.



Elements funcionals i subsistemes

Abstracció. Escriptura en memòria (3)

La memòria llegeix la dada del bus i la copia en la memòria prèviament llegida.



Elements funcionals i subsistemes

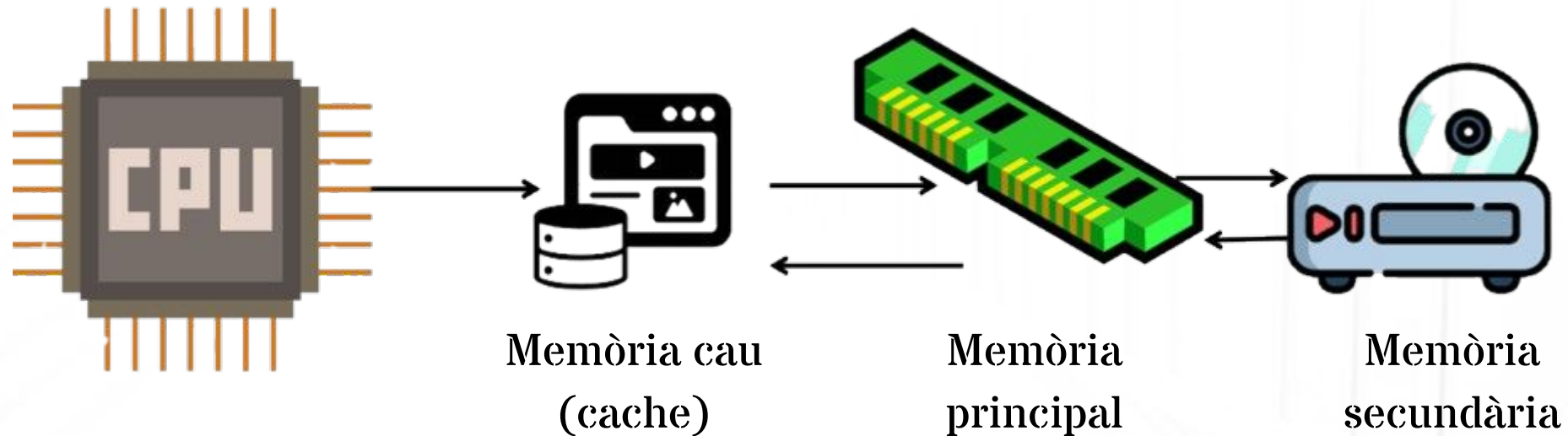
El processador. Les memòries cau

Quan parlem del processador gairebé sempre se sol esmentar el nombre de **nuclis** i de la capacitat de les **memòries cau**.

La **memòria cau** és un tipus de memòria a la qual el processador té accés directe, instantani, on s'emmagatzemen les dades i instruccions que més utilitza per “tenir-les a mà” quan calgui sense necessitat d'haver de tornar-les a demanar des de la font original.

Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria



Elements funcionals i subsistemes

El processador. Les memòries cau

La memòria cau (cache) és un tipus de memòria específica per servir de *buffer* de suport a la CPU i millorar-ne el rendiment.

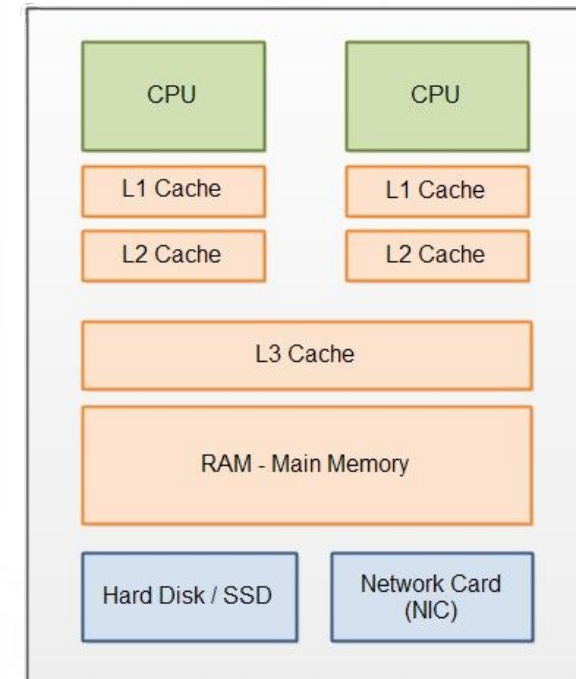
Aquesta memòria es divideix en diferents nivells: L1, L2, L3 i L4.

La memòria cau L1 és més ràpida que la L2, però té menor capacitat, i el mateix passa amb la memòria cau L3, que és més gran però més lenta que la L2.

Elements funcionals i subsistemes

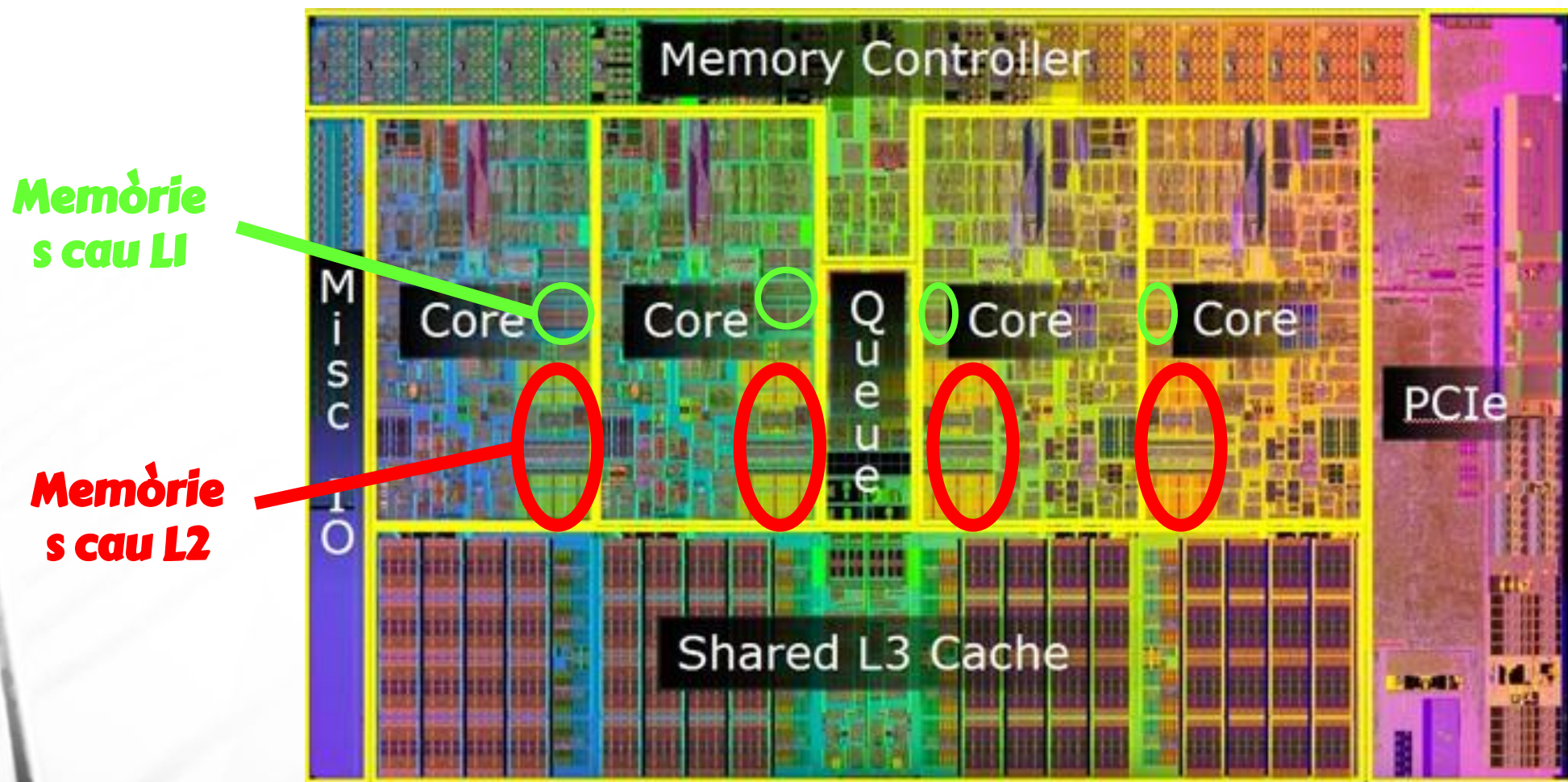
El processador. Les memòries cau

- **Memòria cau L1:** És la més petita i ràpida, i es troba dins de cada nucli de la CPU.
- **Memòria cau L2:** És més gran que L1 i es comparteix entre diversos nuclis.
- **Memòria cau L3:** És la més gran i lenta, i es comparteix entre **tots** els nuclis de la CPU.



Elements funcionals i subsistemes

El processador. Les memòries cau



Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria

La memòria RAM permet l'execució de múltiples aplicacions alhora molt ràpid perquè emmagatzema temporalment les dades i instruccions de les aplicacions que estan en ús.

Com que la RAM és molt més ràpida que el disc dur, la CPU pot accedir ràpidament a la informació que hi ha emmagatzemada.

Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria

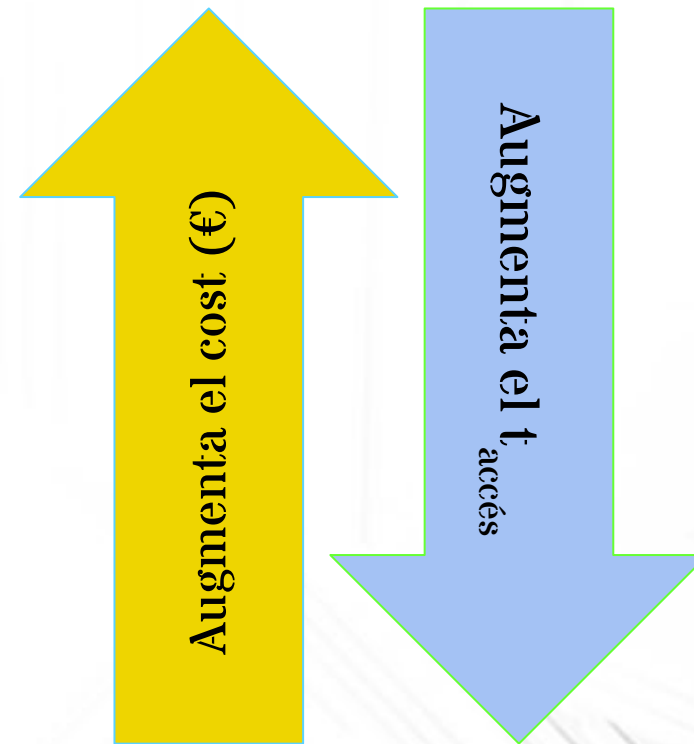
**Pot arrencar i funcionar un
ordinador si no té memòries RAM
muntades?**



Elements funcionals i subsistemes

Tecnologia d'emmagatzematge

- RAM estàtica (SRAM, Static RAM)
 - De 0,5 ns a 2,5 ns
- RAM dinàmica (DRAM, Dynamic RAM)
 - 50 ns a 70 ns
- Discos SSD
 - 50 μ s a 150 μ s
- Discos magnètics
 - 5 ms a 20 ms
- Internet (roundtrip)
 - Buenos Aires \leftrightarrow Stockholm: 220 ms



Elements funcionals i subsistemes

RAM: la memòria principal

Random Access Memory (Memòria d'Accés Aleatori)

- Permet la lectura i escriptura de qualsevol dada sense importar la seva ubicació a la memòria.

Aspectes principals:

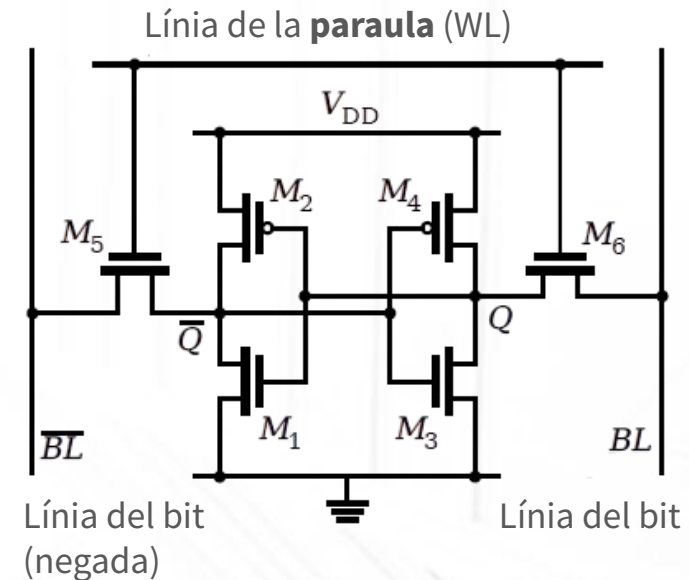
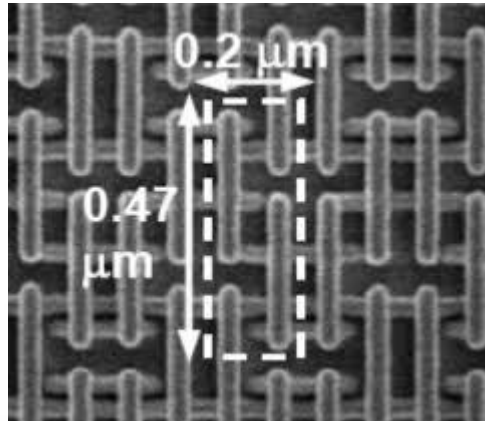
- És empaquetada en xips.
- O forma part d'un microprocessador.
- L'emmagatzematge bàsic és una cel·la amb un bit per cel·la.
- La memòria es compon de molts xips.

Elements funcionals i subsistemes

Tecnologies de les memòries SRAM

Els bits s'emmagatzemen com a estats estables

- 6 transistors per bit
- Manté els bits mentre tingui energia
 - No cal refrescar

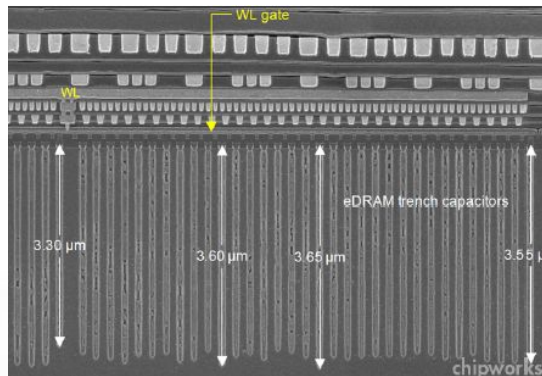
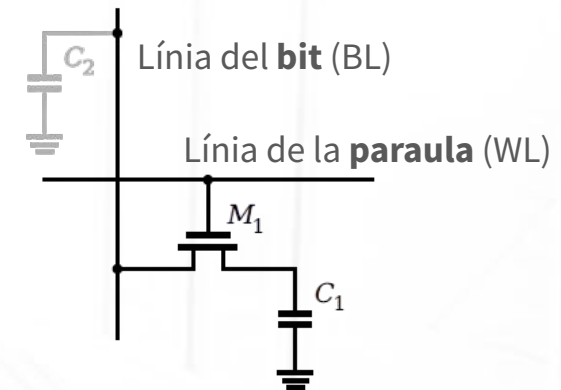


Elements funcionals i subsistemes

Tecnologies de les memòries SRAM

Els bits s'emmagatzemen com a càrrega en un capacitor

- 1 transistor i 1 capacitor per bit
- Els bits s'han de refrescar contínuament
- Accedeix i torna a escriure les dades
- Treballa per files de la memòria



Elements funcionals i subsistemes

Organització avançada de la DRAM

La manera com operen les cel·les no va canviar des de la seva invenció

- Es comercialitzen des del 1970
- Els bits s'organitzen en arranjaments rectangulars
 - La memòria accedeix a una fila completa
 - Mode burst (ràfega): lliura les paraules que segueixen a la fila amb menor latència
- Double data rate (DDR) DRAM
 - Transfereix dades a tots dos flancs del clock, ascendent i descendent.
- Quad data rate (QDR) DRAM
 - Separa les entrades i sortides de les DDR

Elements funcionals i subsistemes

Factors de desenvolupament de la DRAM

- Prefetch buffer de les files
 - Permet que diverses paraules es llegeixin i refresquin en paral·lel
- DRAM sincròniques (SDRAM) - Num parell de memòries - DIMM
 - Permet els accessos consecutius, en ràfegues, sense haver d'enviar cada adreça
 - Millora l'amplada de banda
- Bancs de DRAM (banking)
 - Permet accedir a múltiples DRAMs en simultani
 - És a nivell xip, no a nivell placa (*ranking*)
 - Millora l'amplada de banda

Elements funcionals i subsistemes

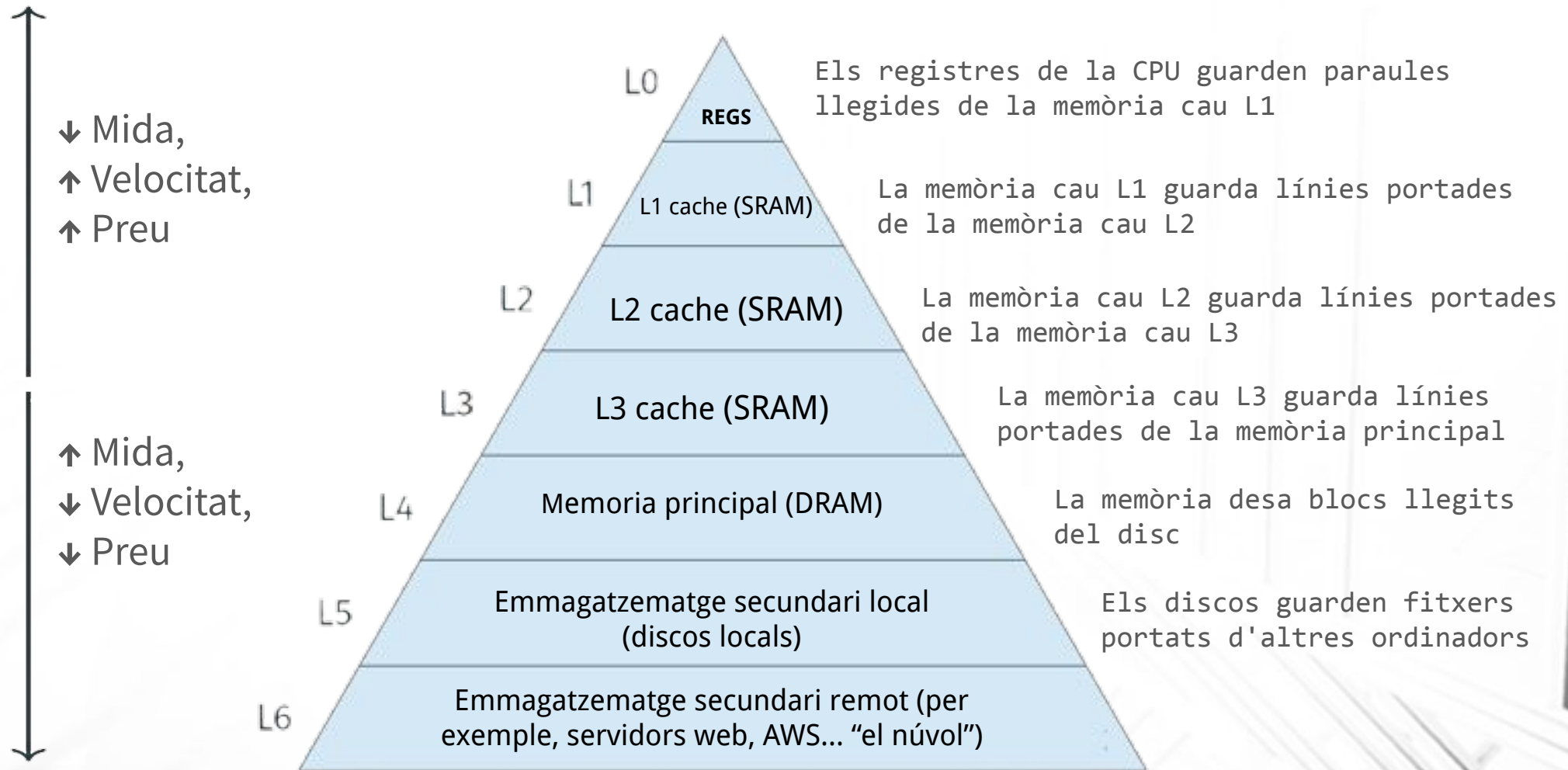
Jerarquia de memòria

Propietats de la relació hardware/software

- Quant més ràpida és la tecnologia d'emmagatzematge, més energia consumeix (calor), és més costosa per byte, i és de menor capacitat
- La bretxa entre la velocitat de la CPU i la memòria principal és cada vegada més gran
- Els programes ben escrits tendeixen a tenir bona localitat
- Aquestes propietats es complementen molt bé
 - Sobretot la primera i la tercera

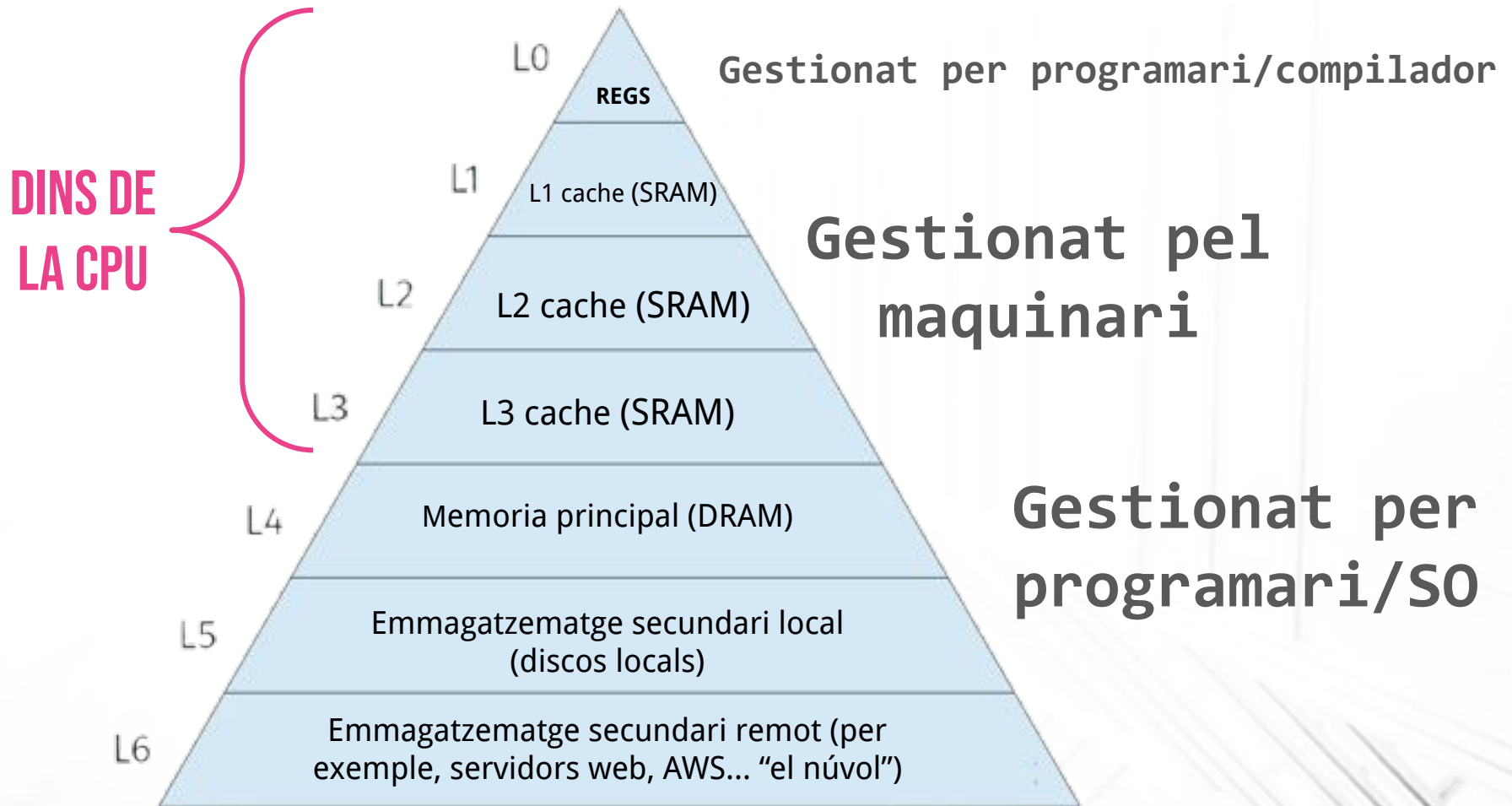
Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria



Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria



Elements funcionals i subsistemes

Memòria cau (Cache)

La **memòria cau** és un dispositiu d'emmagatzematge de dades molt ràpid i de poca capacitat que actua com a ***staging area*** d'un subconjunt de dades emmagatzemades en un dispositiu més lent i de més capacitat.

Quina és la idea fonamental de la jerarquia de memòries?

- Per a cada k , el dispositiu de menor capacitat i més velocitat en el nivell k (L_k) serveix de memòria cau per al dispositiu situat al nivell $k + 1$ (L_{k+1})

Elements funcionals i subsistemes

Memòria cau (Cache)

Per què funciona la jerarquia de memòries?

- Per localitat - entorn local -, el programari tendeix a accedir amb més freqüència a les dades del nivell k que a les del nivell $k + 1$.

Idealment: la jerarquia de memòries crea un *pool* d'emmagatzematge amb el cost de l'emmagatzematge a la base de la piràmide, i el temps d'accés del dispositiu al cim de la mateixa.

Elements funcionals i subsistemes

La jerarquia de memòria

