

El computador

Miquel Albert Orenge
Gerard Enrique Manonellas

PID_00177052



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu modificar l'obra, reproduir-la, distribuir-la o comunicar-la públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), i sempre que l'obra derivada quedi subjecta a la mateixa llicència que el material original. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció.....	5
Objectius.....	6
1. El computador.....	7
1.1. Arquitectura i organització del computador	8
1.2. Tipus d'arquitectures	9
2. Arquitectura Von Neumann.....	10
2.1. Processador	11
2.2. Memòria i unitats d'E/S	12
2.3. Sistema d'interconnexió	12
3. Arquitectura Harvard.....	14
3.1. Microcontroladors	14
3.1.1. Estructura d'un microcontrolador	15
3.1.2. Organització de la unitat de procés	16
3.1.3. Dispositius d'E/S i recursos auxiliars	17
3.2. Processador de senyals digitals	17
3.2.1. Organització d'un DSP	18
4. Evolució dels computadores.....	20
4.1. Evolució del processador	21
4.2. Evolució del sistema de memòria	21
4.3. Evolució del sistema d'interconnexió	22
4.4. Evolució del sistema d'E/S	22
4.5. Microprocessadors multinucli	23
Resum.....	25

Introducció

En aquest mòdul es descriu el concepte de *computador* i també l'organització interna d'aquest computador, els elements que en formen part, el funcionament general que tenen i com s'interconnecten.

S'explica els dos tipus d'organitzacions principals, Von Neumann i Harvard, i es mira quines són les característiques de cadascuna d'aquestes organitzacions.

Es presenta els dos tipus de computadores que utilitzen habitualment arquitectura Harvard:

- Els microcontroladors.
- Els processadors digitals de senyals (DSP).

Finalment es fa una explicació breu sobre l'evolució dels computadores des de les primeres màquines electròniques de càlcul fins als computadores actuals, i es mostra l'organització dels microprocessadors multinucli.

Objectius

Amb l'estudi d'aquest mòdul es pretén que l'estudiant assoleixi els objectius següents:

1. Entendre el concepte de *computador*.
2. Conèixer els dos tipus d'organitzacions d'un computador més habituals: Von Neumann i Harvard.
3. Conèixer l'estructura de les dues aplicacions més habituals de l'arquitectura Harvard: microcontroladors i DSP.
4. Conèixer de manera general com ha evolucionat el concepte i l'estructura del computador al llarg del temps.

1. El computador

Un computador es pot definir com una màquina electrònica capaç de fer les tasques següents:

- Acceptar informació
- Emmagatzemar-la
- Processar-la segons un conjunt d'instruccions
- Produir i proporcionar uns resultats.

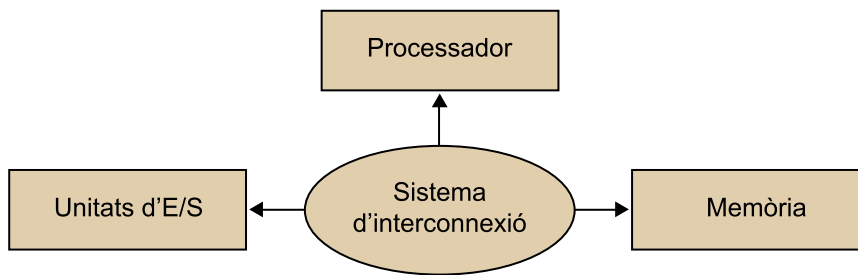
Un computador disposa de tres components principals per a fer les tasques descrites anteriorment:

- 1) Unitats d'E/S per a acceptar informació i comunicar els resultats
- 2) Un processador per a processar la informació
- 3) Una memòria per a emmagatzemar la informació i les instruccions.

És necessari un quart component que connecti entre si la resta de components: un sistema d'interconnexió que permeti moure la informació entre els tres components del computador.

Resumim a continuació les tasques que ha de fer cadascun dels components del computador:

- **Processador:** s'encarrega de gestionar i controlar les operacions del computador.
- **Memòria:** emmagatzema informació (els programes i les dades necessàries per a executar-los).
- **Sistema d'E/S:** transfereix les dades entre el computador i els dispositius externs, permet comunicar-se amb els usuaris del computador, introduint informació i presentant resultats, i també permet comunicar-se amb altres computadores.
- **Sistema d'interconnexió:** proporciona els mecanismes necessaris per a interconnectar tots els components.



1.1. Arquitectura i organització del computador

L'arquitectura i l'organització del computador són conceptes que habitualment es confonen o s'utilitzen de manera indistinta, encara que segons la majoria d'autors tenen significats diferents. És interessant deixar clars els dos conceptes.

L'arquitectura del computador fa referència al conjunt d'elements del computador que són visibles des del punt de vista del programador d'assemblador.

Els elements habituals associats a l'arquitectura del computador són els següents:

- Joc d'instruccions i modes d'adreçament del computador.
- Tipus i formats dels operands.
- Mapa de memòria i d'E/S.
- Models d'execució.

Vegeu també

Aquests conceptes s'estudien en el mòdul "Joc d'instruccions".

L'organització o estructura del computador fa referència a les unitats funcionals del computador i la manera en què estan interconnectades. Descriu un conjunt d'elements que són transparents al programador.

Els elements habituals associats a l'arquitectura del computador són els següents:

- Sistemes d'interconnexió i de control.
- Interfície entre el computador i els perifèrics.
- Tecnologies utilitzades.

Tenint en compte aquesta diferència, podem tenir computadores amb una organització diferent, però que comparteixen la mateixa arquitectura.

Per exemple, els microprocessadors Intel64 tenen una organització diferent dels microprocessadors AMD64, però, comparteixen una mateixa arquitectura (tret de certes diferències), l'arquitectura que s'anomena *x86-64*.

1.2. Tipus d'arquitectures

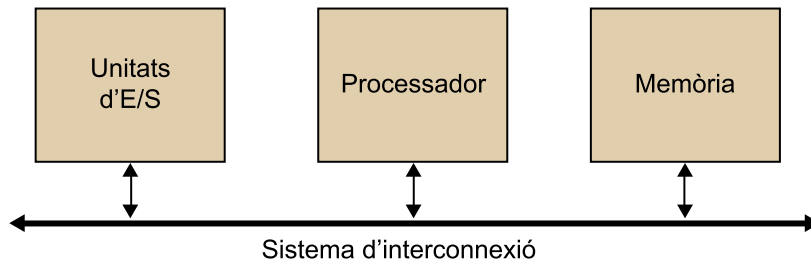
Encara que parlem de conceptes d'organització dels computadors, es manté tradicionalment el terme d'*arquitectura* per a distingir els dos tipus d'organització més habituals: l'arquitectura Von Neumann i l'arquitectura Harvard.

Es pot dir que la majoria de computadors actuals utilitzen l'arquitectura Von Neumann, o una arquitectura Von Neumann modificada, ja que a mesura que els computadors han evolucionat s'hi ha afegit característiques procedents de l'arquitectura Harvard.

La diferència principal entre les dues architectures es troba en el mapa de memòria: mentre en l'arquitectura Von Neumann hi ha un únic espai de memòria per a dades i per a instruccions, en l'arquitectura Harvard hi ha dos espais de memòria separats: un espai de memòria per a les dades i un espai de memòria per a les instruccions.

2. Arquitectura Von Neumann

Com ja s'ha comentat en la descripció d'un computador feta a l'apartat 1 del mòdul, un computador està compost pels elements següents: un processador, una memòria, unitats d'E/S i un sistema d'interconnexió. Tots aquests elements són presents en l'arquitectura Von Neumann.



En una màquina Von Neumann, la manera de processar la informació s'especifica mitjançant un programa i un conjunt de dades que estan emmagatzemats en la memòria principal.

Els programes estan formats per instruccions simples, anomenades *instruccions màquina*. Aquestes instruccions són bàsicament dels tipus següents:

- Transferència de dades (moure una dada d'una localització a una altra).
- Aritmètiques (suma, resta, multiplicació, divisió).
- Lògiques (AND, OR, XOR, NOT).
- Ruptura de seqüència (salt incondicional, salt condicional, etc.).

L'arquitectura Von Neumann es basa en tres propietats:

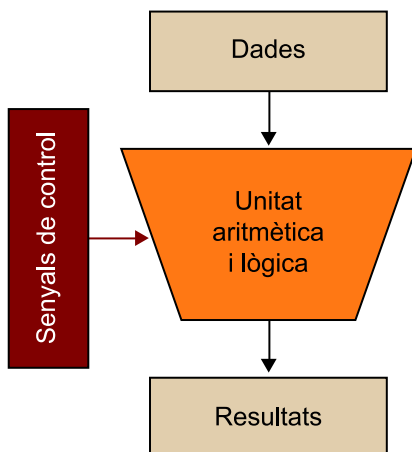
- 1) Hi ha un únic espai de memòria de lectura i escriptura, que conté les instruccions i les dades necessàries.
- 2) El contingut de la memòria és accessible per posició, independentment que s'accedeixi a dades o a instruccions.
- 3) L'execució de les instruccions es produeix de manera seqüencial: després d'executar una instrucció s'executa la instrucció següent que hi ha en la memòria principal, però es pot trencar la seqüència d'execució utilitzant instruccions de ruptura de seqüència.

L'objectiu de l'arquitectura Von Neumann és construir un sistema flexible que permeti resoldre diferents tipus de problemes. Per a aconseguir aquesta flexibilitat es construeix un sistema de propòsit general que es pugui programar per a resoldre els diferents tipus de problemes. Per cada problema concret es defineix un programa diferent.

2.1. Processador

Un sistema de propòsit general ha de ser capaç de fer unes operacions aritmètiques i lògiques bàsiques, a partir de les quals es puguin resoldre problemes més complexos.

Per a aconseguir això el processador ha de disposar d'una **unitat aritmètica i lògica** (ALU) que pugui fer un conjunt d'operacions. L'ALU fa una determinada operació segons uns senyals de control d'entrada. Cada operació es fa sobre un conjunt de dades i produeix resultats. Per tant, els resultats són generats segons els senyals de control i de les dades.



Des del punt de vista de les instruccions, cada instrucció màquina que s'executa en el processador genera un determinat conjunt de senyals per tal que l'ALU faci una operació determinada.

Des del punt de vista de les operacions que fa l'ALU, es pot dir que cada operació consisteix a activar un conjunt de senyals de control. Si es codifica cada conjunt de senyals de control amb un codi obtenim un conjunt de codis. Aquest conjunt de codis defineix el conjunt d'instruccions amb el qual es pot programar el computador.

No totes les instruccions corresponen a operacions de l'ALU. Les instruccions de transferència de dades, per exemple, poden moure dades entre diferents localitzacions del computador sense la intervenció de l'ALU.

Dins el processador és necessària una unitat, anomenada **unitat de control**, que sigui capaç d'interpretar les instruccions per a generar el conjunt de senyals de control necessaris per a governar l'execució de les instruccions.

També és necessari que el processador disposi d'un conjunt de registres (elements d'emmagatzematge d'informació ràpids però de poca capacitat), amb els quals sigui capaç de treballar l'ALU, d'on llegirà les dades necessàries per a executar les operacions i on emmagatzemarà els resultats de les operacions fetes.

2.2. Memòria i unitats d'E/S

Analitzant el procés d'execució de les instruccions es veu que són necessaris altres elements per a construir un computador: la memòria principal i les unitats d'E/S.

Les instruccions que executa el computador i les dades necessàries per a cada instrucció estan emmagatzemades en la memòria principal, però per a introduir-les en la memòria és necessari un dispositiu d'entrada. Un cop executades les instruccions d'un programa i generats uns resultats, aquests resultats s'han de presentar als usuaris i, per tant, és necessari algun tipus de dispositiu de sortida.

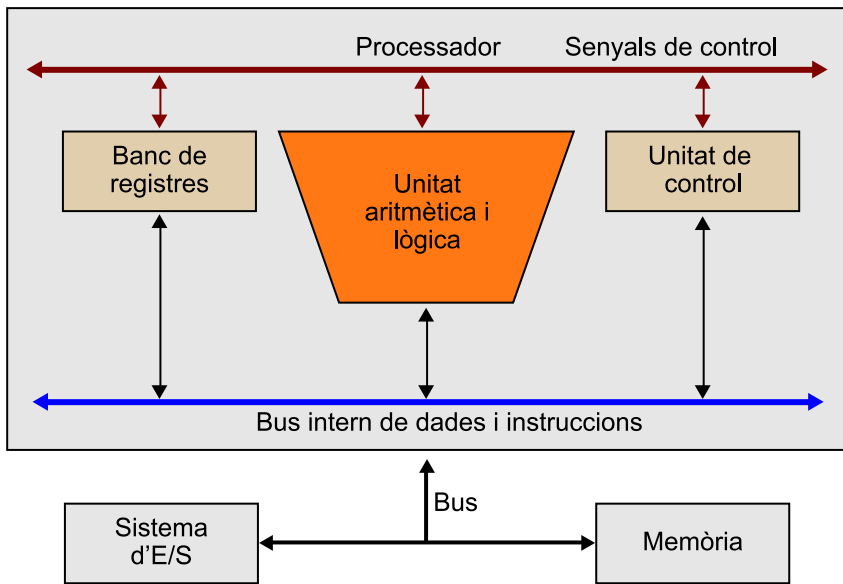
En un computador amb arquitectura Von Neumann, a més a més del processador, són necessaris altres elements:

- Dispositius d'entrada.
- Memòria principal.
- Dispositius de sortida.

Normalment els dispositius d'entrada i de sortida es tracten agrupats i es parla de *dispositius d'E/S*.

2.3. Sistema d'interconnexió

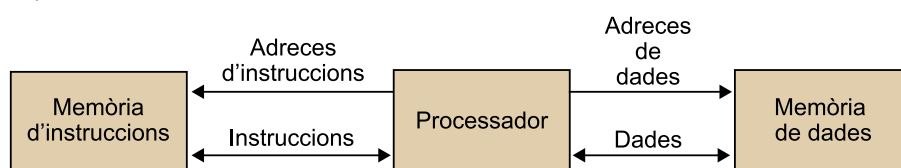
El mitjà d'interconnexió habitual en l'arquitectura Von Neumann és el bus, un mitjà de comunicació compartit o multipunt on es connecten tots els components que es vol interconnectar. Com que es tracta d'un mitjà compartit és necessari un mecanisme de control i accés al bus. El sistema d'interconnexió és necessari però generalment no es considera una unitat funcional del computador.



3. Arquitectura Harvard

L'organització del computador segons el model Harvard, bàsicament, es distingeix del model Von Neumann per la divisió de la memòria en una memòria d'instruccions i una memòria de dades, de manera que el processador pot accedir separatament i simultàniament a les dues memòries.

Arquitectura Harvard



El processador disposa d'un sistema de connexió independent per a accedir a la memòria d'instruccions i a la memòria de dades. Cada memòria i cada connexió poden tenir característiques diferents; per exemple, la mida de les paraules de memòria (el nombre de bits d'una paraula), la mida de cada memòria i la tecnologia utilitzada per a implementar-les.

Hi ha d'haver un mapa d'adreces d'instruccions i un mapa d'adreces de dades separats.

Els microcontroladors i el DSP (processador de senyals digitals o *digital signal processor*) són dos tipus de computadores que utilitzen arquitectura Harvard. Vegem a continuació les característiques més rellevants d'aquests dos tipus de computadores d'ús específic.

3.1. Microcontroladors

Un controlador o microcontrolador és un sistema encarregat de controlar el funcionament d'un dispositiu, com, per exemple, controlar que el nivell d'un dipòsit d'aigua estigui sempre entre un nivell mínim i un nivell màxim o controlar les funcions d'un electrodomèstic.

Actualment s'implementen utilitzant un sol circuit integrat, i per aquest motiu s'anomenen *microcontroladors* en lloc d'anomenar-se simplement *controladors*.

Un microcontrolador es considera un computador dedicat. Dins de la memòria s'emmagatzema un sol programa que controla un dispositiu.

Un microcontrolador normalment és un circuit integrat de dimensions reduïdes que es pot muntar en el mateix dispositiu que ha de controlar (microcontrolador incrustat).

Usos de l'arquitectura Harvard

L'arquitectura Harvard no s'utilitza habitualment en computadores de propòsit general, sinó que s'utilitza en computadores per a aplicacions específiques.

Aplicacions dels microcontroladors

Alguns dels camps d'aplicació més habituals dels microcontroladors són els següents:

- **Telecomunicacions.** En el camp de les telecomunicacions, els productes que utilitzen freqüentment microcontroladors són els telèfons mòbils.
- **Productes de gran consum.** En els productes de gran consum s'utilitza microcontroladors en molts electrodomèstics de línia blanca (rentadores, rentavaixelles, microones, etc.) i de línia marró (televisors, reproductors de DVD, aparells de ràdio, etc.).
- **Automoció.** En la indústria de l'automòbil s'utilitza microcontroladors per a controlar bona part dels sistemes del cotxe; per exemple, per controlar els coixins de seguretat o *airbags*, o la frenada.
- **Informàtica.** En la indústria informàtica hi ha molts dispositius perifèrics que integren microcontroladors: ratolins, teclats, impressores, escàners, discos durs, etc.
- **Indústria.** En el món industrial s'utilitza en diferents àmbits com la robòtica o el control de motors.

3.1.1. Estructura d'un microcontrolador

Un microcontrolador incorpora en un únic circuit integrat totes les unitats necessàries perquè funcioni. Es tracta d'un computador complet però de prestacions limitades.

Tal com es pot veure a la figura següent, les unitats que formen un microcontrolador es poden agrupar en tres blocs principals:

1) Unitat de procés:

- Processador
- Memòria de programa
- Memòria de dades
- Línies d'interconnexió

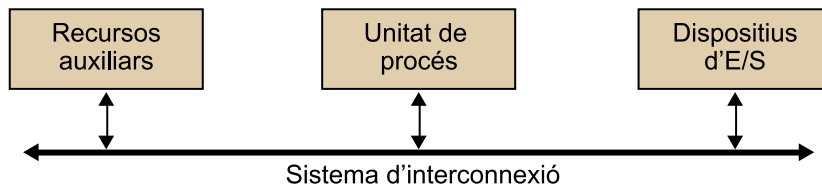
2) Dispositius d'E/S:

- Temporitzadors
- Convertidors analògic-digital
- Comparadors analògics
- Ports de comunicació

3) Recursos auxiliars:

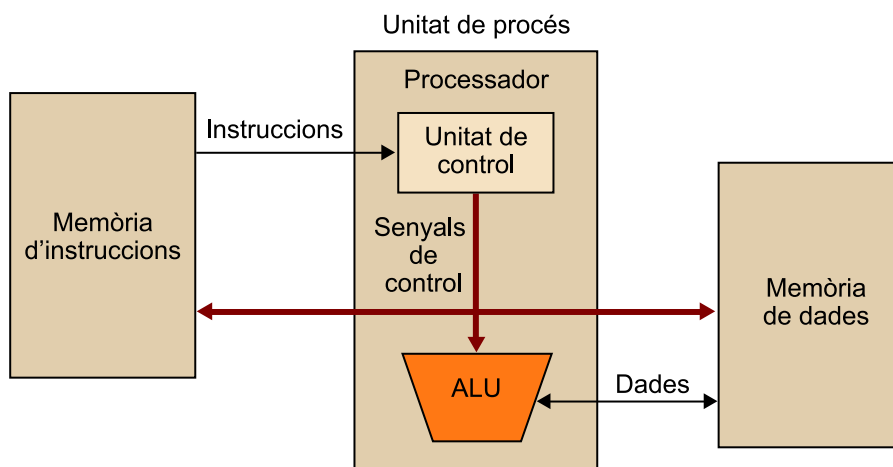
- Circuit de rellotge
- Modes de baix consum
- Temporitzador de vigilància o *watchdog*
- Reinicialització o *reset*

Estructura d'un microcontrolador



3.1.2. Organització de la unitat de procés

A continuació es descriu de manera general cadascun dels elements que formen la **unitat de procés** d'un microcontrolador:



1) **Processador**. De manera semblant als processadors d'altres tipus de computadores, disposa de dues unitats funcionals principals: una unitat de control i una unitat aritmètica i lògica.

Per a executar una instrucció la unitat de control llegeix la instrucció de la memòria d'instruccions, genera els senyals de control necessaris per a obtenir els operands de la memòria de dades i després executa la instrucció mitjançant l'ALU i emmagatzema el resultat produït a la memòria de dades.

2) **Memòria d'instruccions**. És la memòria on s'emmagatzemen les instruccions del programa que ha d'executar el microcontrolador. La mida de les paraules de la memòria s'adapta al nombre de bits de les instruccions del microcontrolador.

La memòria d'instruccions s'implementa utilitzant memòries no volàtils: ROM, PROM, EPROM, EEPROM o flaix.

Si el programa que ha d'executar el microcontrolador és sempre el mateix, la capacitat de la memòria s'adequa a la mida prevista que tindran els programes que ha d'executar, per a optimitzar l'espai.

3) Memòria de dades. En aquesta memòria s'emmagatzemen les dades utilitzades pels programes. Les dades varien contínuament i, per tant, cal implementar-la utilitzant memòries volàtils, memòria RAM, sobre la qual es pot fer operacions de lectura i escriptura. Habitualment s'utilitza SRAM (memòria RAM estàtica o *static RAM*). Si és necessari guardar algunes dades de manera permanent o que variïn poc (configuració o estat del microcontrolador) s'utilitza memòria EEPROM o flaix.

4) Línies d'interconnexió. Són les línies que interconnecten els diferents elements que formen la unitat de procés.

3.1.3. Dispositius d'E/S i recursos auxiliars

A part de la unitat de procés, un microcontrolador utilitza dispositius d'E/S i altres recursos auxiliars. Segons l'aplicació del microcontrolador, són necessaris uns recursos o uns altres. Els recursos més habituals que hi ha en la majoria de microcontroladors són els següents:

- **Circuit de rellotge:** genera els pols per a sincronitzar tot el sistema.
- **Temporitzadors:** permeten comptar el temps i establir retards.
- **Temporitzador de vigilància:** circuit temporitzador que provoca una reinicialització del sistema si el programa es bloqueja per alguna condició de fallada.
- **Convertidors analògic-digital (ADC) i digital-analògic (DAC).**
- **Comparadors analògics:** permeten tractar senyals analògics.
- **Sistema de protecció per a possibles fallades de l'alimentació.**
- **Modes de funcionament de baix consum.**
- **Mòduls de comunicació:** en sèrie, paral·lel, USB, etc. Mitjançant aquests mòduls s'obté o s'envia dades dels dispositius externs al microcontrolador.

3.2. Processador de senyals digitals

Un processador de senyals digitals o *digital signal processor* (DSP) és un dispositiu capaç de processar en temps real senyals procedents de diferents fonts.

Un DSP té característiques pròpies dels microcontroladors i també dels microprocessadors. Això fa que molts cops sigui difícil distingir aquests tres conceptes.

Disposa d'un processador amb gran potència de càlcul preparat per a tractar senyals en temps real, i pot fer operacions aritmètiques a gran velocitat; generalment també disposa de convertidors de senyals analògics a digitals (ADC) o convertidors de senyals digitals a analògics (DAC).

Una de les característiques principals dels DSP és que implementen moltes operacions per maquinari que altres processadors fan per programari, i incorporen habitualment unitats específiques per a fer sumes i productes. Per aquest motiu el maquinari del processador pot ser més complex que el maquinari d'alguns microcontroladors o microprocessadors.

Una altra de les diferències importants entre els DSP i altres processadors és que estan dissenyats perquè siguin escalables i per a treballar en paral·lel amb altres DSP. Això fa necessari disposar d'elements per a sincronitzar el funcionament de diferents DSP.

Aplicacions dels DSP

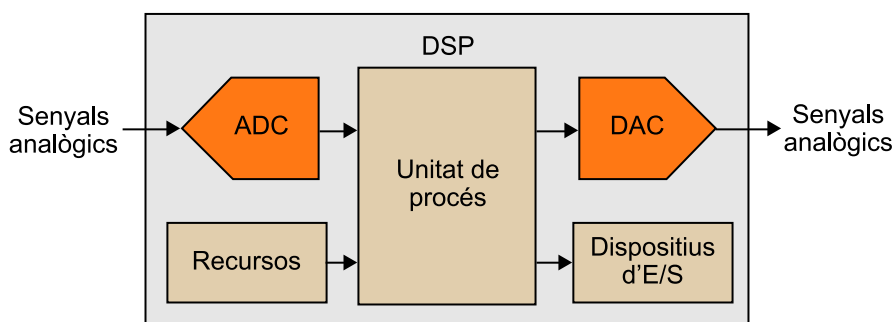
Algunes de les aplicacions més habituals dels DSP són el processament d'àudio digital, la compressió d'àudio, el processament d'imatges digitals, la compressió de vídeo, el processament de veu, el reconeixement de veu, les comunicacions digitals, el radar, el sonar, la sismologia i la medicina.

Alguns exemples concrets d'aquestes aplicacions són els telèfons mòbils, els reproductors d'àudio digital (MP3), els mòdems ADSL, els sistemes de telefonia de mans lliures (amb reconeixement de veu) i els oscil·loscopis.

3.2.1. Organització d'un DSP

L'estructura interna correspon bàsicament a una arquitectura de tipus Harvard, molts cops millorada per a accelerar l'execució de les instruccions i la realització d'operacions aritmètiques.

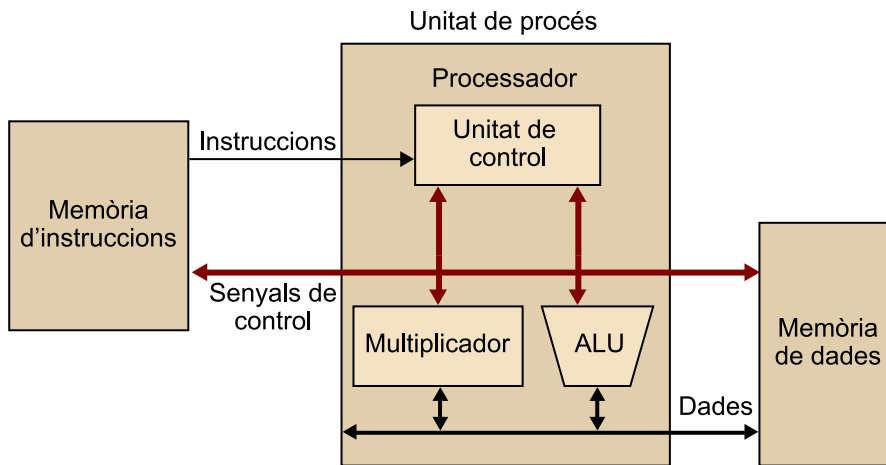
Organització interna d'un DSP



Milliores d'un DSP

Les millores que poden incloure un DSP són diverses: s'hi inclouen busos per a transferir instruccions i dades de mida superior a la necessària, més d'un bus d'adreces i de dades per a accedir a les dades, implementació de tècniques de paral·lelisme per a permetre la segmentació de l'execució de les instruccions i fer diverses operacions elementals per cicle, operacions lògiques i aritmètiques complexes, etc.

El processador habitualment disposa de múltiples ALU i multiplicadors que són capaços de fer diverses operacions aritmètiques en un sol cicle de rellotge del sistema.



4. Evolució dels computadors

Les primeres màquines de càlcul, els primers computadors de la història, estaven construïts a partir de vàlvules de buit i es programaven mecànicament mitjançant interruptors. Ocupaven espais molt grans i tenien una capacitat de càlcul molt limitada. Els primers computadors d'aquest tipus van ser l'ENIAC i l'IAS.

La segona generació de computadors es basava en l'ús de transistors (fets a partir de silici), que substitueixen les vàlvules de buit. Es tractava de computadors molt més petits i econòmics. Els primers exemples de computadors basats en transistors van ser l'IBM 7000 i el DEC PDP1.

Les següents generacions de computadors han basat la construcció en transistors i en la microelectrònica, que ha permès integrar quantitats elevades de transistors en un sol circuit integrat (xip).

La integració de transistors comença a meitat dels anys seixanta i a mesura que passa el temps s'aconsegueixen nivells d'integració més elevats. Segons el nombre de transistors que es pot incloure en un xip es defineixen els nivells o escales d'integració següents:

- *small scale integration* (SCI): fins a 100 transistors en un sol xip.
- *medium scale integration* (MSI): per sobre de 100 transistors en un xip.
- *large scale integration* (LSI): per sobre de 1.000 transistors en un xip.
- *very large scale integration* (VLSI): més de 10.000 transistors en un xip.
- *ultra large scale integration* (ULSI): per sobre d'1.000.000 de transistors en un xip.

En els processadors actuals el nombre de transistors en un xip està per sobre dels 100 milions de transistors, i en alguns casos arriba a estar per sobre dels 1.000 milions de transistors.

L'evolució en l'escala d'integració ha afectat l'evolució dels microprocessadors, i també els sistemes de memòria que s'han beneficiat dels augments en l'escala d'integració.

Pel que fa a organització del computador, al llarg de la història dels computadors, encara que s'ha mantingut l'organització bàsica del model Von Neumann, s'hi ha anat afegint nous elements i s'ha anat modificant el model original.

A continuació es comenta l'evolució dels elements que formen el computador: processador, memòria, sistema d'E/S i sistema d'interconnexió.

4.1. Evolució del processador

En les primeres generacions de computadors els elements que formaven el processador eren elements independents, fabricats utilitzant diferents xips i interconnectats amb un bus. A mesura que va créixer l'escala d'integració, cada cop hi va haver més unitats funcionals que es van anar integrant utilitzant menys xips, fins a l'aparició del que es va anomenar *microprocessador*.

El microprocessador és un processador que integra en un sol xip totes les unitats funcionals.

Avui en dia és equivalent parlar de *processador* o de *microprocessador*, ja que tots els processadors actuals es construeixen com a microprocessadors. Actualment, a més a més d'incloure-hi totes les unitats funcionals, s'hi inclou un nivell de memòria cau o més d'un.

Intel 4004

El primer microprocessador el va desenvolupar Intel el 1971. Es tractava de l'Intel 4004, un microprocessador de 4 bits que podia adreçar una memòria de 640 bytes i que s'havia construït utilitzant 2.300 transistors.

4.2. Evolució del sistema de memòria

Una de les millores més importants ha estat l'aparició de la jerarquia de memòries, amb la incorporació de memòries cau. La memòria cau és una memòria més ràpida que la memòria principal, però també de cost molt més elevat. Per aquest motiu té una mida més reduïda que la memòria principal.

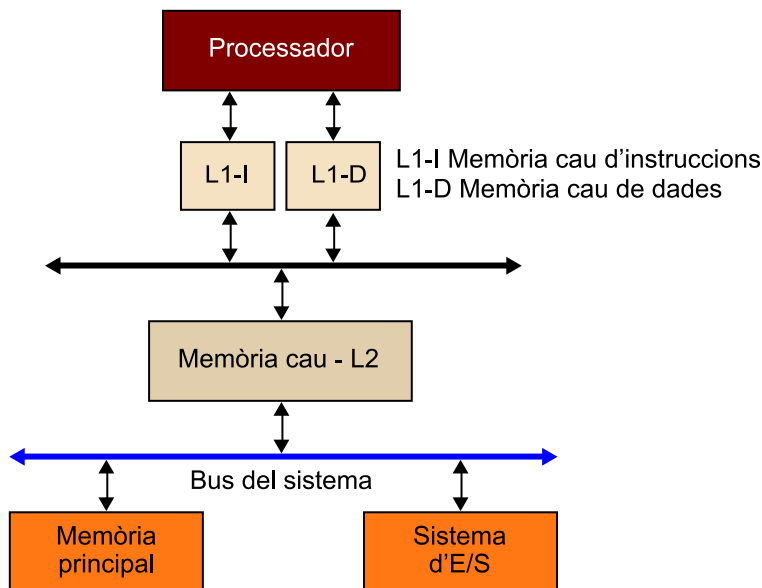
La memòria cau es col·loca com una memòria intermèdia entre la memòria principal i el processador. Quan el processador necessita una dada o una instrucció, primer es comprova si és en la memòria cau i només en cas que no hi sigui s'ha de portar de la memòria principal per a accedir-hi.

La utilització de les memòries cau han anat evolucionant incorporant diferents nivells de memòria cau. Actualment es treballa amb tres nivells, anomenats *L1*, *L2* i *L3*. Alguns nivells o tots plegats es poden integrar en el mateix xip del microprocessador.

La memòria cau pot estar dividida en dues parts: una memòria cau d'instruccions i una memòria cau de dades. Des d'aquest punt de vista es pot dir que els computadors amb memòria cau dividida utilitzen una arquitectura Harvard, o una arquitectura Harvard modificada, ja que la separació de la memòria només existeix en alguns nivells de la memòria cau, però no existeix en la memòria principal.

Exemple de memòria cau

En l'exemple següent es mostra un computador amb dos nivells de memòria cau (L1 i L2), en què el primer nivell de memòria cau està dividit en una memòria cau d'instruccions i una memòria cau de dades.



4.3. Evolució del sistema d'interconnexió

El sistema d'interconnexió també ha evolucionat. En els primers computadores, consistia en un sol bus en el qual es connectaven tots els elements del computador. Aquest sistema facilitava la connexió dels diferents elements del computador però com que es tractava d'un sol bus que tots havien d'utilitzar es generava un coll d'ampolla que feia reduir les prestacions del computador.

En els computadores actuals s'ha ampliat i diversificat el nombre i tipus de sistemes d'interconnexió. Actualment s'utilitza una jerarquia de busos separats semblant a la jerarquia de memòria amb l'objectiu d'aïllar els dispositius més ràpids dels més lents.

Les tendències actuals passen per utilitzar busos de tipus sèrie d'alta velocitat en lloc de busos paral·lels, i també per utilitzar interconnexions punt a punt, que permeten eliminar els problemes de compartir un bus entre diferents elements del computador. Un disseny cada cop més habitual és el de disposar d'una connexió directa entre el sistema de memòria i el processador.

4.4. Evolució del sistema d'E/S

Inicialment la comunicació del processador amb els perifèrics es feia utilitzant programes que accedien directament als mòduls d'E/S; posteriorment es va introduir la tècnica d'E/S per interrupcions, en què el processador no necessitava esperar que el perifèric estigués disponible per a fer la transferència. La següent millora va ser introduir l'accés directe a memòria (DMA), que permet transferir blocs de dades entre el perifèric i la memòria sense la intervenció del

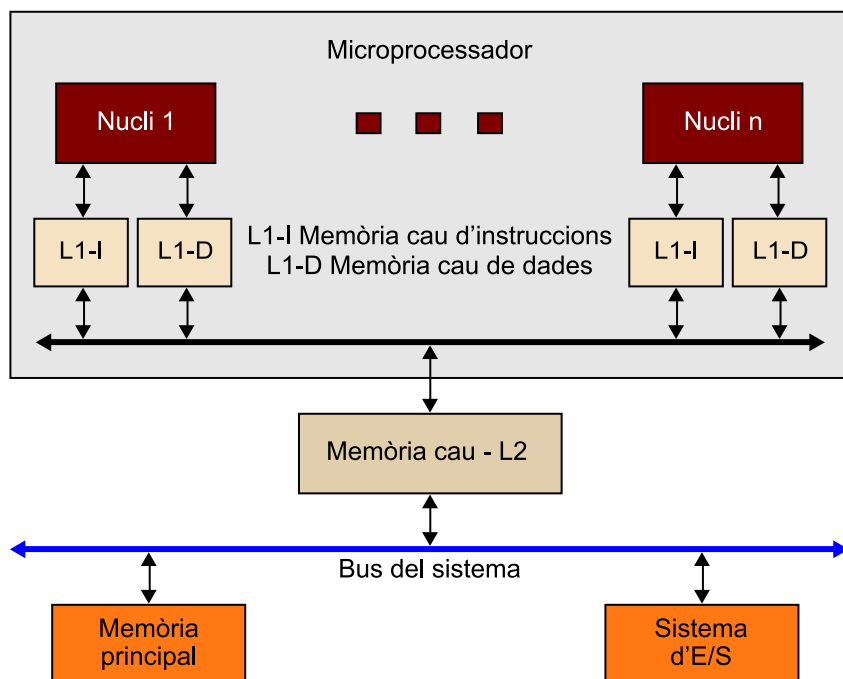
processador utilitzant controladors de DMA. Aquests controladors han evolucionat comportant-se com a processadors específics d'E/S, anomenats també *canals d'E/S*.

Els sistemes d'interconnexió externs, entre el computador i els dispositius perifèrics, també ha anat evolucionant. En els primers dissenys s'utilitzava bàsicament sistemes d'interconnexió multipunt (busos) que habitualment tenien múltiples línies de dades (paral·lels). Els sistemes d'interconnexió actuals inclouen busos de tipus sèrie (una única línia de dades) d'alta velocitat com Firewire o USB, i també sistemes d'interconnexió punt a punt o sistemes sense fil com Bluetooth i Ethernet sense fil.

4.5. Microprocessadors multinucli

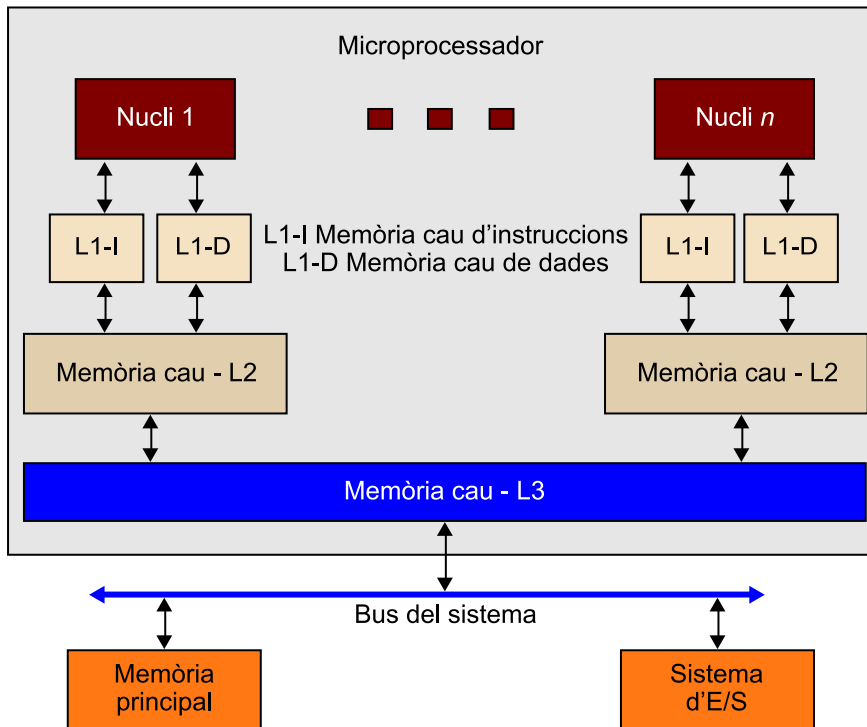
L'evolució dels microprocessadors passa per incloure en un sol xip diversos nuclis, on cada nucli inclou totes les unitats funcionals d'un processador (registres, ALU i unitat de control), cosa que dóna lloc al que es coneix com a *processador multinucli*.

Inicialment dins del microprocessador es disposava d'una memòria cau de primer nivell (anomenada *L1*) per cada nucli, habitualment dividida en memòria cau d'instruccions i memòria cau de dades; fora del microprocessador es disposava d'una memòria cau de segon nivell (*L2*) unificada (per a instruccions i dades) i compartida per tots els nuclis.



Aquesta organització ha variat molt. Una primera evolució va consistir a incorporar dins del microprocessador el segon nivell de memòria cau, i va aparèixer un tercer nivell (*L3*) fora del processador.

Actualment dins del microprocessador hi pot haver els tres nivells de memòria cau (L1, L2 i L3). Disposa d'una memòria cau de primer nivell per cada nucli, dividida en memòria cau d'instruccions i memòria cau de dades, una memòria cau unificada de segon nivell per cada nucli i una memòria cau de tercer nivell unificada i compartida per tots els nuclis.



Resum

En aquest mòdul s'ha explicat el concepte de *computador* de manera genèrica, diferenciant els conceptes d'*arquitectura* i d'*organització*.

S'ha vist breument els elements principals que formen un computador i l'organització que tenen.

A continuació s'ha descrit els dos tipus d'arquitectures més habituals: l'arquitectura Von Neumann i l'arquitectura Harvard.

Dins l'arquitectura Von Neumann s'ha estudiat els elements que componen un computador que utilitzi aquesta arquitectura i les característiques principals que té:

- Processador
- Memòria
- Unitats d'E/S
- Sistema d'interconnexió

De l'arquitectura Harvard s'ha vist les característiques que la diferencien de l'arquitectura Von Neumann i s'ha descrit els dos tipus de computadores que utilitzen habitualment aquesta arquitectura:

- Microcontroladors
- DSP

Finalment s'ha fet una descripció breu de l'evolució que han tingut els computadores, analitzant les millores que s'han anat introduint en cadascun dels elements que els componen: processador, sistema de memòria, sistema d'interconnexió i sistema d'E/S. S'ha acabat comentant l'organització dels microprocessadors actuals: els microprocessadors multinucli.

