

# Introducció als fonaments dels computadors

A. Josep Velasco González

PID\_00163592



# Índex

<b>Introducció</b> .....	5
<b>Objectius</b> .....	6
<b>1. L'estudi dels fonaments dels computadors</b> .....	7
1.1. Per què estudiar els fonaments dels computadors? .....	7
1.2. Què hem de saber per a entendre els computadors? .....	7
1.2.1. Què és l'electrònica digital? .....	8
1.2.2. La codificació de la informació .....	9
1.2.3. Els sistemes digitals .....	10
<b>2. L'evolució dels computadors</b> .....	12
2.1. Primera generació (1940-1955) .....	13
2.2. Segona generació (1955-1965) .....	14
2.3. Tercera generació (1965-1970) .....	15
2.4. Quarta generació (1970-) .....	15
<b>3. Com són els computadors digitals actuals?</b> .....	17
3.1. Arquitectura de Von Neumann .....	18
3.2. L'arquitectura de Harvard .....	20
<b>Resum</b> .....	21
<b>Bibliografia</b> .....	23



## **Introducció**

Actualment, l'ús dels ordinadors està plenament generalitzat a la nostra societat. En trobem arreu. S'han convertit en una eina de la qual coneixem un grapat de funcionalitats i a la qual donem un munt d'aplicacions molt variades per facilitar la nostra feina o millorar la nostra qualitat de vida.

L'èxit dels computadors digitals deriva del fet que són màquines de propòsit general, que poden ser programades per a gairebé qualsevol tasca si es disposa de la interfície adequada. Pot ser, alhora, una eina de treball i un dispositiu d'oci. La mateixa màquina pot dur a terme càlculs sofisticats per a fer simulacions de processos, convertir-se en una eina de precisió per a dibuixar plànols o gestionar amb eficiència una base de dades complexa.

En aquest mòdul presentem l'estructura bàsica dels computadors actuals, l'evolució que han patit fins arribar a l'estat actual i una introducció als conceptes que s'aniran desenvolupant al llarg de la resta de mòduls, per a entendre en profunditat el funcionament dels computadors digitals.

## Objectius

L'objectiu d'aquest mòdul és presentar l'estructura bàsica d'un computador digital, posant de manifest els coneixements que s'hauran de treballar per a entendre'n en profunditat el funcionament i el disseny. Amb aquest mòdul es persegueix:

- 1.** Saber diferenciar entre l'electrònica digital i l'electrònica analògica.
- 2.** Entendre que és possible codificar qualsevol informació amb un conjunt reduït de símbols, com ara 0 i 1.
- 3.** Conèixer a grans trets l'evolució dels computadores i les millores tecnològiques que han marcat canvis qualitius profunds.
- 4.** Conèixer l'arquitectura bàsica d'un computador digital actual.

Entendre l'estructura bàsica d'un computador digital és l'objectiu final del curs. En aquest mòdul es dibuixa l'arquitectura d'un computador a grans trets. Al llarg dels mòduls següents s'aniran presentant conceptes, eines i metodologies per a entendre en profunditat el funcionament i la construcció d'aquest tipus de màquines.

# 1. L'estudi dels fonaments dels computadors

## 1.1. Per què estudiar els fonaments dels computadors?

De bon principi ens podríem qüestionar la utilitat d'analitzar el funcionament dels computadors. L'argument pot ser que tan sols pensem utilitzar els computadors com una eina, que en darrer terme serem usuaris de les màquines i que, com a tals, el coneixement de l'organització interna del computador té poca utilitat. La conclusió seria que es tracta d'una matèria que té interès per a un nombre reduït d'enginyers, només els que tenen al seu horitzó treballar en el desenvolupament dels processadors.

En realitat, però, el coneixement dels principis de funcionament dels computadors és necessari tant si ens dediquem al desenvolupament d'aplicacions, a l'anàlisi de sistemes o al desenvolupament de circuiteria específica. El desenvolupament d'aplicacions optimitzades requereix el coneixement dels paradigmes bàsics de funcionament de les màquines on s'executaran, i aquestes s'estenen en un ventall d'aplicacions que va des dels PLC industrials a la intel·ligència artificial.

Els computadors són sistemes digitals complexos. Entendre'ls i conèixer eines metodològiques per a dissenyar-los i sintetitzar-los ens obre el camí al desenvolupament de sistemes digitals específics.

No es tracta tan sols de coneixements de cultura general. Els conceptes bàsics del funcionament dels computadors són coneixements necessaris per a tothom que vulgui treballar en el disseny de sistemes electrònics, en la programació o en el desenvolupament d'aplicacions específiques que requereixin un cert grau d'optimització.

## 1.2. Què hem de saber per a entendre els computadors?

Els computadors actuals són aparells electrònics. L'electrònica, finalment, treballa amb senyals elèctrics. Com podem processar la informació del món que ens envolta mitjançant senyals elèctrics?

Hem de saber com es codifica la informació que hem de processar dins de les màquines. Hem de determinar com són les dades i quines són les limitacions implícites a les màquines. La matemàtica ens dona eines per a codificar adequadament la informació que volem emmagatzemar o amb la qual volem treballar dins dels computadors.

### PLC

*PLC és la sigla de programmable logic controller, un equipament electrònic programable dissenyat per a controlar processos seqüencials en un entorn industrial.*

Els computadors es basen en l'electrònica digital. Però, què és l'electrònica digital? En què es diferencia de la que no és digital? En definitiva, quines són les bases de funcionament de la tecnologia amb la qual es dissenyen les màquines digitals?

D'altra banda, com podem fer servir l'electrònica digital per a construir un computador digital? Hem de disposar de metodologies que de manera organitzada ens permetin concebre sistemes digitals complexos, i en particular, concretar-ho sobre l'organització d'un computador convencional.

Aquests són els interrogants als quals anirem donant resposta al llarg del curs, però a mode d'introducció, els apartats següents ens donen algunes pinzellades al respecte.

### 1.2.1. Què és l'electrònica digital?

S'anomena **electrònica digital o discreta** l'electrònica basada en senyals sobre els quals només s'identifica un conjunt finit de valors diferents (habitualment dos).

En contraposició, en l'electrònica analògica els senyals poden variar de manera contínua, és a dir, no estan confinats a un conjunt (petit) de valors diferents. En un senyal digital només es diferencia entre el valor alt de tensió i el valor baix de tensió, com per exemple, 0 V i 5 V. En canvi, un senyal analògic pot registrar qualsevol valor de tensió, 0,1 V o 0,2 V o 0,23 V o 2,35 V o 1,13 V o qualsevol altre dins del marge de funcionament, i cada valor es considera diferent.

V és el símbol que identifica la unitat de mesura del voltatge, el volt.

Les tecnologies actuals amb les quals es construeixen els sistemes digitals (és a dir, els dispositius basats en l'electrònica digital i els computadors en particular) treballen especialment bé quan sobre els senyals tan sols s'identifiquen dos valors de tensió diferents. Aquests valors reben denominacions diferents segons l'àmbit de treball, com **veritat i fals** o bé **0 i 1 lògics**.


Això vol dir que, com a sistema digital, tota la informació que ha de processar un computador ha d'estar codificada de manera adequada, utilitzant només els dos valors de tensió possibles, el que anomenem *0 i 1 lògics*.

Vivim en un món analògic i trobem natural registrar la informació de manera analògica. En realitat, però, treballar directament amb informació analògica resulta poc pràctic i gens adequat si volem processar aquesta informació en un computador digital. Caldrà disposar de mecanismes per a digitalitzar la informació, és a dir, per a codificar-la fent servir només uns i zeros.

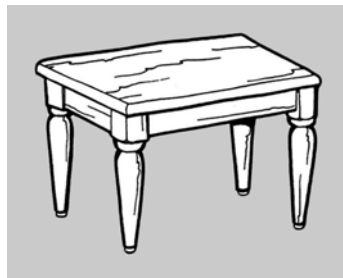


### 1.2.2. La codificació de la informació

Potser no ens hem parat a pensar que, en realitat, tota la informació està sempre codificada d'una manera o una altra. Quan escrivim, codifiquem la informació en paraules que poden estar compostes per un conjunt de símbols diferents (les lletres de l'abecedari). Qualsevol valor numèric el codifiquem fent servir un conjunt de símbols que anomenem **dígits**. Doncs bé, els computadors digitals actuals gestionen informació codificada utilitzant els valors 0 i 1.

La codificació dels nombres és la que conceptualment resulta més senzilla. De fet, tan sols hem d'entendre una idea bàsica: un valor numèric és un concepte abstracte, que tindrà una representació o una altra segons el sistema de numeració (és a dir, segons el conjunt de regles de codificació) que fem servir. 

Dit d'aquesta manera, pot semblar una mica estrany, però estem molt acostumats a aquesta idea. Observem la imatge següent:



Uns pensarem *taula*, uns altres *mesa*, uns altres *table*, etc. La imatge és la mateixa per a tots, però és possible que la tinguem associada a paraules diferents; de fet, amb lletres diferents i, si la nostra llengua és l'àrab o el xinès, amb signes diferents. Per tant, estem codificant aquesta informació segons el nostre sistema de representació.

Amb els nombres passa exactament el mateix. Un determinat valor numèric és independent del sistema de representació que fem servir. Per a poder codificar els valors numèrics només amb uns i zeros hem d'utilitzar un sistema de numeració adequat, diferent del sistema decimal al qual estem acostumats.

Tot sembla indicar que, ben al principi, per a referir-se, per exemple, a un conjunt de 5 ovelles, l'home dibuixava literalment 5 ovelles. Després va aconseguir separar el valor numèric de l'objecte, per exemple, dibuixant una única ovella i 5 ratlles o punts o marques de qualsevol tipus. Amb tota probabilitat va aprendre a donar nom a aquest valor numèric independent de l'objecte al qual s'aplicava.

No devia ser gens pràctic tenir un nom per a cada valor numèric diferent (massa noms per recordar), de manera que es van començar a fer grups per a facilitar

els recomptes de conjunts “grans”. És clar que la quantitat d’elements d’un grup havia de ser fàcil de recordar, especialment quan el sistema es va estendre per a treballar amb grups de grups. En aquest afer, l’anatomia humana hi ha tingut força a veure i, per aquest motiu, els “grups” que més es van adoptar van ser els de 5, els de 10 i els de 20, tot coincidint amb el nombre de dits d’una mà, de dues mans o de mans i peus.

D’aquestes, la base 10 ha sortit guanyadora (potser per l’aparició del calçat, qui sap) i la idea de grups de grups va acabar desembocant en un sistema de numeració posicional com el que ara tenim, en què la posició que ocupa un dígit està associada a un grup de grups (en diem *un pes*), cosa que va facilitar enormement el desenvolupament de l’aritmètica.

Doncs bé, dins dels computadors hem d’adaptar el sistema de numeració a la seva pròpia “anatomia”. Treballen fent servir senyals sobre els quals diferencien dos nivells de tensió. Per tant, haurem de fer servir un sistema de numeració en base 2. A més, canviar el sistema de numeració comporta canvis en la manera de calcular el resultat de les operacions aritmètiques. És a dir, el concepte de suma és independent del sistema de numeració, però la manera de fer la suma depèn de la manera com representem els nombres.

Totes aquestes qüestions es tracten en el segon mòdul, en què s’analitza el nostre sistema de numeració i s’adapta a les característiques de les màquines, a més d’identificar les limitacions pròpies de les màquines.

### **1.2.3. Els sistemes digitals**

Més amunt hem fet una introducció al concepte d’electrònica digital. Haurem de veure, però, què és el que la fa atractiva, adequada per al processament d’informació, quines són les eines que ens permeten construir circuits complexos per a processar informació i, en darrer terme, computadors digitals de propòsit general.

Conceptualment, l’electrònica digital és l’electrònica dels nombres. Aquí, els senyals elèctrics representen nombres. Són fàcils de codificar i resistents a la degradació amb una codificació adequada. En els sistemes analògics, que treballen amb ones, la informació està continguda en la forma de l’ona, que es pot degradar fàcilment i que, per tant, és susceptible de perdre informació amb facilitat, a més de requerir circuiteria específica per a cada aplicació.

Intentar construir o entendre el funcionament de circuits digitals complexos com els computadors és una tasca inviable si no es disposa de les eines i de les metodologies que permetin sistematitzar en certa mesura la construcció de sistemes digitals complexos. En aquest sentit, s’estableix una diferenciació important, entre els circuits digitals combinacionals i els circuits digitals seqüencials, és a dir, entre els circuits amb capacitat de memòria (els segons) i els que no en tenen (els primers).

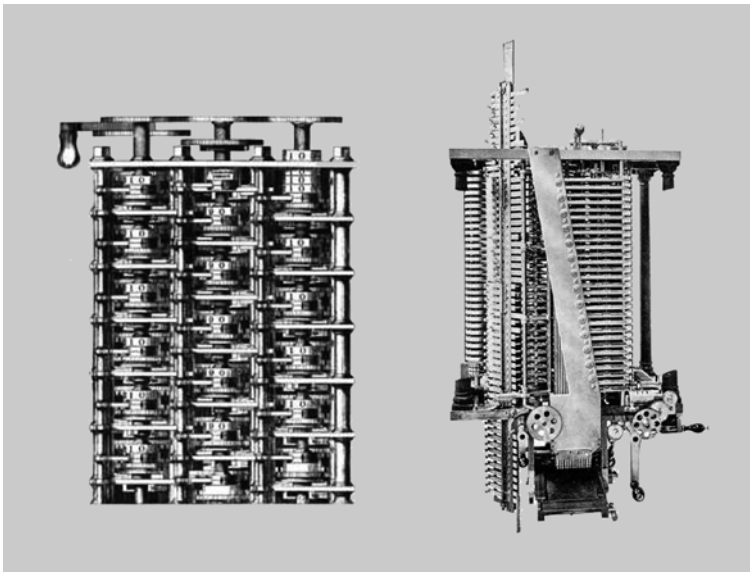
El mòdul 3, dedicat als circuits combinacionals, i el mòdul 4, en què es treballen els circuits seqüencials, s'encarreguen de fer una introducció als sistemes digitals i a eines que ens ajuden en la seva concepció i anàlisi.

Els dos apartats següents d'aquest mòdul introductori estan dedicats al computador digital. En el primer trobareu una descripció del camí que s'ha seguit des dels primers enginys de càlcul fins als computadores actuals. Hi trobareu característiques i tècniques que han anat apareixent al llarg dels anys i que s'acumulen en els ordinadors actuals. En el segon apartat trobareu la descripció de l'arquitectura bàsica dels computadores actuals. El mòdul 5 està dedicat a una anàlisi de l'arquitectura bàsica que es descriu aquí.

## 2. L'evolució dels computadors

Des de fa segles, s'ha perseguit una millora en el processament d'informació, especialment, en càlculs aritmètics, per la qual cosa s'ha emprat la tecnologia existent en cada moment. Els primers intents van donar lloc a tota una sèrie d'enginyers mecànics, bàsics com l'àbac o realment elaborats i complexos, com la màquina diferencial de Charles Babbage.

Màquina analítica de Charles Babbage



Font: Bettman Archive

**Charles Babbage** (1791-1871) ocupa un lloc especialment destacat en la història de la computació per la concepció de la **màquina analítica** que incorpora per primera vegada el concepte de màquina dirigida per un programa extern. El disseny de la màquina analítica incloïa una memòria (mecànica), una unitat de processament, una unitat de control (constituïda per "barrils" similars als cilindres de les caixes de música), una entrada de dades (inspirada en les targetes perforades del teler de Jacquard) i sortida per a impressió (similar a la màquina d'escriure).

El descobriment de l'energia elèctrica va permetre el desenvolupament de màquines electromecàniques que incloïen lectors de targetes i processament amb commutadors. Entre aquest tipus de màquines destaca la **màquina tabuladora** de **Herman Hollerith** (1860-1929), que va ser triada per a ajudar en el cens dels Estats Units l'any 1890. El cens manual trigava vora 10 anys i amb la màquina tabuladora, que llegia i processava (bàsicament comptava) les targetes perforades dissenyades a aquest efecte, el temps es va reduir a menys de 3 anys. Herman Hollerith és considerat el primer informàtic, el primer que va fer un tractament automatitzat de la informació.

Màquina tabuladora de Herman Hollerith



Creative Commons Attribution 2.0 Generic  
Font: <http://en.wikipedia.org>

Les màquines electromecàniques es van arribar a convertir en els primers computadors digitals. **Konrad Zuse** (1910-1995) va concebre la **Z1**, que disposava de memòria mecànica binària, la **Z2**, que feia el processament a partir de relés, i millores que es van convertir en les **Z3** i **Z4**. **George Stibitz** (1904-1995) va concebre computadors de relés per als laboratoris Bell i **Howard Aiken** (1900-1973) és el responsable de la sèrie **Mark** per la Universitat de Harvard. Aquestes van ser les primeres màquines desenvolupades amb propòsit comercial.

La revolució electrònica en la computació s'inicia durant la Segona Guerra Mundial. El conflicte bèl·lic havia esperonat el desenvolupament de dispositius electrònics i les experiències en màquines electromecàniques van fer que de seguida es veiés l'aplicació d'aquests dispositius a la computació.

L'era dels computadors electrònics es divideix en quatre generacions atenent als progressos en la tecnologia. Els salts generacionals estan determinats per canvis tecnològics. Dins de cada generació apareixen diferents tècniques o conceptes que han esdevingut essencials en els computadors actuals.

## 2.1. Primera generació (1940-1955)

Aquesta primera generació està marcada per l'ús de vàlvules de buit i la introducció de la tecnologia d'anells de ferrita per a la memòria. Són computadors d'aquesta primera generació:

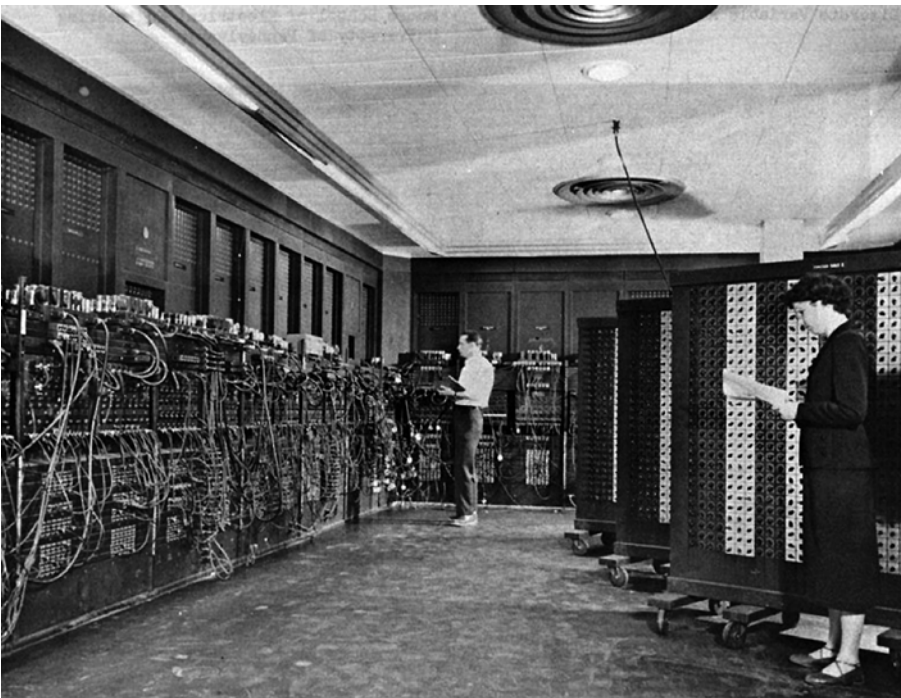
- **ENIAC** (1941-1945): *electronic numerical integrator and computer*. J. Mauchly, J. P. Eckert. Moore School of Engineering (U. de Pennsilvània). Aquest enginy constava de 18.000 vàlvules de buit, 70.000 resistències i 10.000 condensadors. Ocupava un espai de 100 m<sup>2</sup>, pesava 30 Tm i tenia un consum de 140 kW/h.

### Consum ENIAC

Per a valorar el consum elèctric del computador ENIAC (140 kW/h) el podem comparar amb un electrodomèstic de consum elevat: el consum d'un forn elèctric està entorn dels 2 kW/h.

- **EDVAC (1952):** *electronic discrete variable automatic computer*, de dimensions més reduïdes que l'ENIAC. És especial perquè és la màquina sobre la qual J. von Neumann el 1945 va escriure el seu *First Draw of a Report on the EDVAC* en la Moore School, el primer document en què es descriu el concepte de **programa emmagatzemat**, que forma part de la base dels computadors actuals. També cal destacar l'ús, per primera vegada, de l'**aritmètica binària**, en detriment de la decimal.
- **UNIVAC (1951):** *universal automatic computer*. Ecker-Mauchly Company. Amb 5.400 vàlvules i 1.000 paraules de memòria presenta la característica de **programa parcialment emmagatzemat**.

Programació de l'ENIAC. Imatge sota domini públic



Font: <http://ca.wikipedia.org>

## 2.2. Segona generació (1955-1965)

El pas a la segona generació està marcat per la utilització de transistors en substitució de les vàlvules de buit. Són màquines d'aquesta generació:

- **PDP-1** de DEC, apareguda el 1960, que presenta per primera vegada un **terminal gràfic**. Sobre aquesta màquina va córrer el primer videojoc.
- **IBM 7030**. Aquesta màquina de 1961 incorpora la idea de **segmentació de memòria** i de **memòria virtual**, tècniques amb les quals es va aconseguir millorar sensiblement la capacitat, la gestió i el rendiment de la memòria.
- **ATLAS** de Ferranti Ltd. i la U. de Manchester, 1962. Es tracta d'un dels primers **supercomputadors**. Tecnològicament destaca per la incorporació de l'ús del que s'anomenen **interrupcions** per a controlar els perifèrics.

- **CDC 6600**. S. Cray. Control Data Corp., 1964. Amb una velocitat de càlcul d'1 megaflops (un milió d'operacions de coma flotant per segon) aconseguida gràcies al paral·lelisme de les unitats de càlcul, va ocupar el títol de màquina més ràpida entre 1964 i 1969.

### 2.3. Tercera generació (1965-1970)

L'aparició dels primers circuits integrats marca el final de la segona generació de computadores i l'inici de la tercera. Els circuits integrats aporten una reducció d'espai significativa, una reducció important del consum i un augment de la fiabilitat, cosa que dóna lloc a l'aparició dels primers **minicomputadors**. D'aquesta generació podem destacar:

- **IBM 360**, 1964. Inicia la primera sèrie de computadores compatibles (sis en total), és a dir, que podien fer servir el mateix programari i els mateixos perifèrics.
- **DEC PDP/8**, 1965. Primera minicomputadora d'èxit comercial. Com a innovacions presentava circuits lògics en mòduls integrats (xips) i un conjunt de línies de connexió en paral·lel per a interconnectar els mòduls: **el bus**.
- **IBM 360/85**, 1968. És la primera que incorpora el concepte de **memòria cau**, tècnica que redueix enormement el temps d'accés a memòria, i que s'ha convertit en un element central dels sistemes actuals.

### 2.4. Quarta generació (1970-)

Les millores en el procés de fabricació de circuits integrats porten a un augment considerable de la densitat d'integració. És aquest augment en la densitat d'integració el que permet integrar tots els circuits de la unitat central de procés en un únic xip: neixen els **microprocessadors**, el primer dels quals és l'Intel 4004 el 1971.

La quarta generació s'inicia amb el desenvolupament d'aquest microprocessador. Al mateix temps, i també a causa de les millores en els processos de fabricació de circuits integrats, s'abandonen les memòries de ferrites i s'incorporen les **memòries de semiconductors**. El camp dels computadors personals està sembrat, i aviat germina:

- **Altair 8800**, 1975. Es considera el primer computador personal.
- **Supercomputador Cray 1**, 1976. Incorpora per primera vegada el processament paral·lel.

- **IBM PC**, 1981. Amb el microprocessador Intel 8086 i el sistema operatiu Microsoft DOS marca l'inici de la revolució de la computació personal.
- **Lisa (Apple)**, 1983. Incorpora un nou dispositiu revolucionari, el ratolí i una interfície d'usuari gràfic (a l'estil del Windows).

IBM PC




Creative Commons Genèrica d'Atribució/Compartir-Igual 3.0  
Font: <http://es.wikipedia.org>



### 3. Com són els computadors digitals actuals?

En termes generals, un **computador** és un dispositiu construït amb el propòsit de manipular o transformar informació per a aconseguir una informació més elaborada, com ara, el resultat d'un problema determinat.

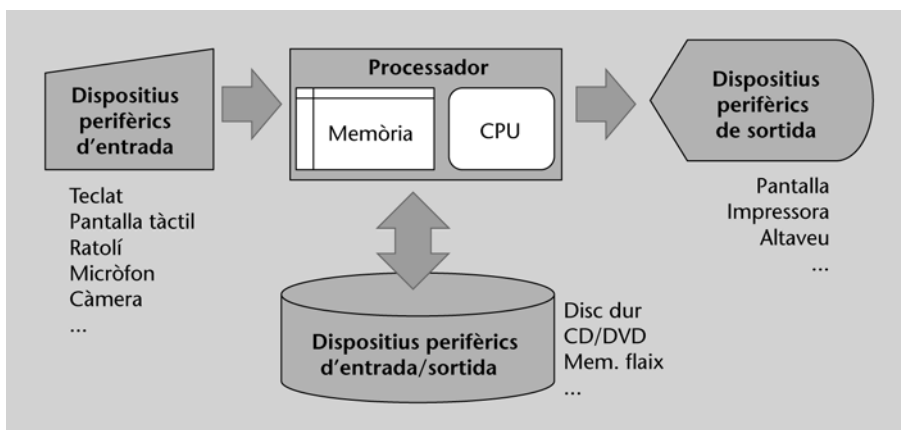
Un computador digital és un computador que treballa amb dades numèriques, la interpretació de les quals depèn del format amb què s'estigui treballant, codificades totes en un sistema de numeració en base 2, és a dir, basat en senyals binaris, senyals sobre els quals podem identificar només dos valors diferents. 

El concepte de computador és, en principi, independent de la tecnologia utilitzada per a construir-lo. Ben cert és, però, que actualment els computadors digitals es basen en l'electrònica digital i, per tant, un computador digital és un sistema digital complex.

La complexitat que envolta un computador digital fa inviable concebre'l sense una estructuració i una organització en mòduls diferenciats amb tasques i funcionalitats ben definides. L'estructura general d'un computador digital és la que es representa de manera esquemàtica en la figura 1, en què el sentit de les fletxes indica el flux d'informació. Podríem definir l'equació de funcionament de la manera següent:

Dades d'entrada + processament = resultat (dades de sortida)

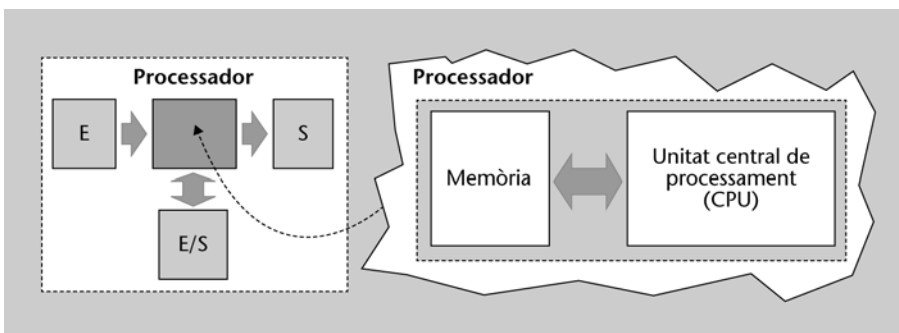
Figura 1. Estructura general d'un computador



Els **dispositius d'entrada i els de sortida** clarament constitueixen elements de conversió de la informació entre el món analògic que ens envolta i el món digital en què treballa el processador. Els dispositius d'entrada/sortida majoritàriament estan constituïts per dispositius per a emmagatzemar informació digital, en un format o un altre, però informació digital que el processador pot recuperar.

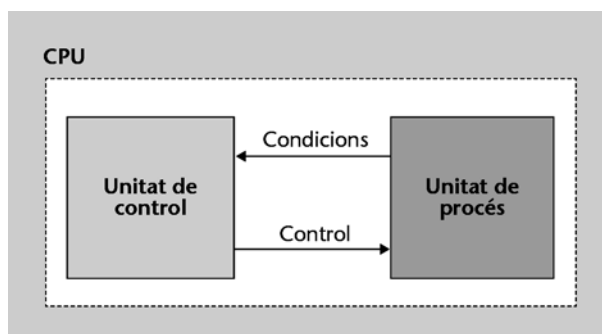
El **processador** està constituït per una **unitat central de procés** (CPU, *central process unit*) i una **memòria** íntimament relacionada amb aquest (figura 2).

Figura 2. Arquitectura general d'un processador



La unitat central de procés és realment l'encarregada de processar les dades d'acord amb el programa establert, i s'organitza en dos grans blocs, com es mostra en la figura 3, la **unitat de control** i la **unitat de processament** o **camí de dades**.

Figura 3. Estructura d'una CPU



La unitat de processament aglutina els recursos de càlcul i la unitat de control és l'encarregada de donar les ordres en la seqüència correcta a la unitat de processament per a fer les operacions que estableix el programa en execució.

### 3.1. Arquitectura de Von Neumann

Es coneix per aquest nom l'arquitectura que implementen els computadors actuals, i que es descriu per primer cop en un document escrit per John von Neumann (1903-1957) com a col·laborador en el projecte EDVAC, d'on pren el nom.

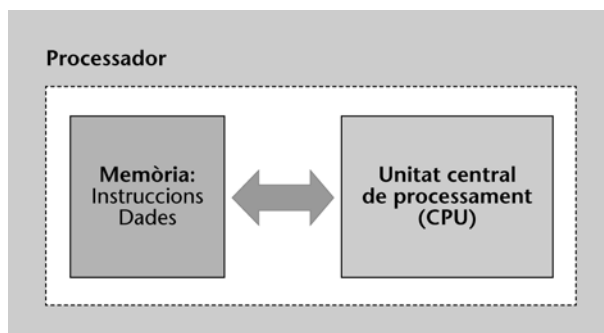
La característica distintiva és que es tracta d'una arquitectura en la qual tant les dades com el programa s'emmagatzemen a la memòria principal, que està lligada directament amb la CPU. El concepte de programa emmagatzemat difereix radicalment del tipus de programació que es practicava als computadors precedents, i que es basava en la modificació dels circuits electrònics.

Aquesta arquitectura és la base dels computadors moderns, en els quals podem identificar aquestes dues característiques:

1) **Programa emmagatzemat.** Tant les dades com les instruccions del programa que s'ha d'executar es troben a la memòria principal del computador. D'aquest fet es deriven dues conseqüències. D'una banda, aquesta característica dota al computador d'una àmplia generalitat. De l'altra, la comunicació entre memòria i CPU esdevé crítica i constitueix un veritable coll d'ampolla en el rendiment de la màquina.

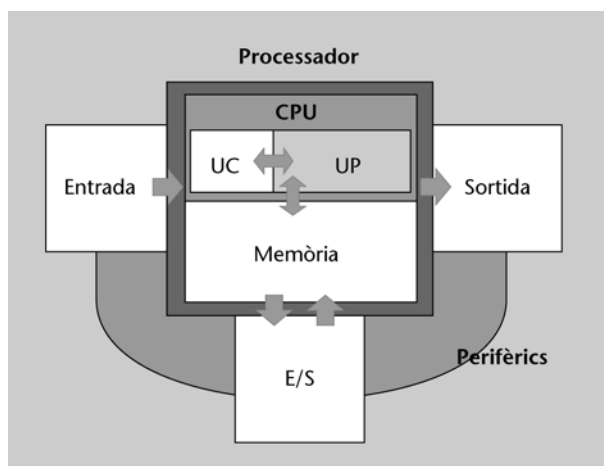
2) **Unitat de control (relativament) simple.** En aquesta arquitectura la unitat de control no s'ha d'ocupar d'executar tot el programa, sinó que fa de manera iterativa una única tasca: el cicle d'execució d'instruccions.

Figura 4. Arquitectura de Von Neumann



Amb un processador d'aquest tipus, l'estructura bàsica d'un computador digital és la que apareix en la figura 5.

Figura 5. Arquitectura d'un computador de tipus Von Neumann



### 3.2. L'arquitectura de Harvard

L'arquitectura de Von Neumann té en si mateixa dues grans limitacions. D'una banda, l'accés a memòria és un punt crític i limita el rendiment dels sistemes basats en aquest tipus d'arquitectura. D'altra banda, porta implícita la idea de l'execució seqüencial, és a dir, de l'execució d'una única instrucció alhora, la qual cosa limita les possibilitats d'execució en paral·lel.

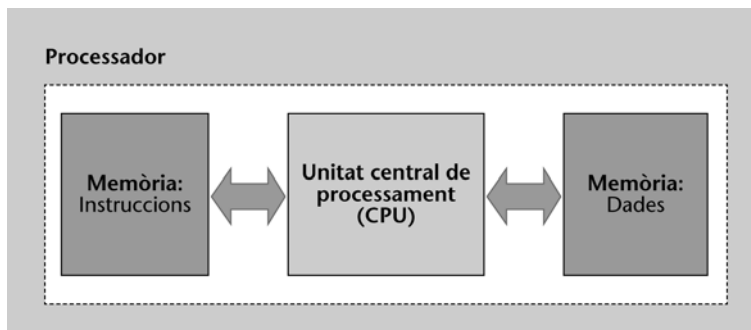
De les anomenades arquitectures *no - Von Neumann* podem destacar l'arquitectura de Harvard. La característica principal d'aquesta arquitectura és que disposa d'una memòria dedicada per al programa i una segona memòria per a les dades. Aquesta diferència ajuda a corregir la limitació que representa l'accés a memòria, ja que permet fer operacions amb la memòria de dades mentre s'accedeix a la memòria de programa. D'altra banda, també limita la possibilitat de l'automodificació dels programes, que si bé des del primer moment va ser un al·licient de l'arquitectura de Von Neumann, s'ha arribat a convertir en un problema.

L'ús de l'arquitectura de Harvard s'ha estès en el camp dels microcontroladors i de la l'electrònica distribuïda. L'estructura general la podem veure reflectida en la figura 6.

#### Automodificació del codi

L'automodificació del codi (la capacitat d'un programa per a modificar-se a si mateix) ha estat un dels recursos que s'ha aprofitat per a elaborar codi malintencionat com ara els virus.

Figura 6. Arquitectura de Harvard



## Resum

En aquest mòdul es fa una introducció als conceptes que es treballen al llarg dels mòduls següents: la codificació adequada de la informació per a interpretar-la i tractar-la dins dels computadors, la tecnologia amb la qual es construeixen els sistemes digitals en general i l'arquitectura bàsica dels computadors.

Els computadors actuals es presenten com el resultat d'una evolució que s'ha dut a terme al llarg dels anys, partint de l'arquitectura bàsica fixada en la primera generació de computadors, amb la incorporació del concepte de programa emmagatzemat, i s'enumeren els principals canvis tecnològics que han permès millorar el rendiment de les màquines fins a l'estadi actual.

Es dedica un apartat a descriure amb més detall l'arquitectura bàsica dels computadors digitals, indicant la relació entre els dispositius d'entrada, el processador i els dispositius de sortida. Al teu torn, es mostren els elements constitutius del processador: la CPU i la memòria.



## **Bibliografia**

**Augarten, S.** (1984). *Bit by Bit. An Illustrated History of Computers*. Nova York: Ticknor & Fields

**Ceruzi, P. E.** (1998). *A History of Modern Computing*. Massachussets: The MIT Press.

**Williams, M. R.** (1997). *History of Computing Technology*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.

