

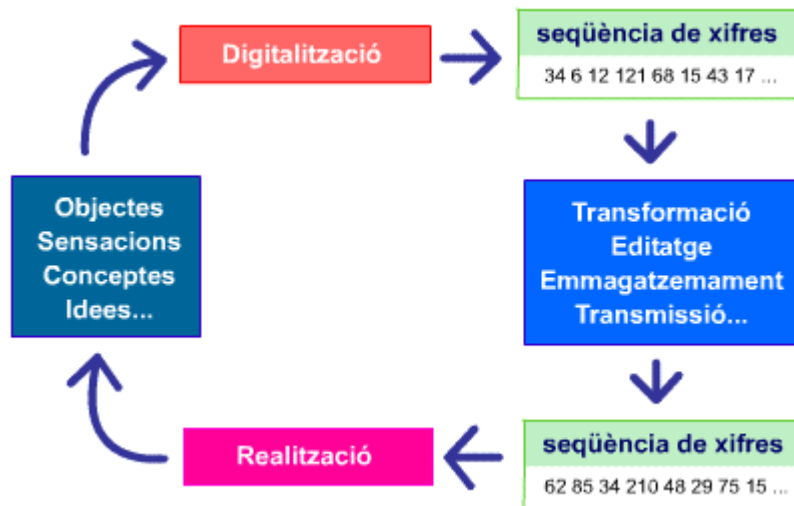
INFORMACIÓ DIGITAL

Els ordinadors, els sintetitzadors MIDI, els reproductors de CD i DVD, els telèfons GSM i molts altres aparells que fem servir cada dia són **dispositius digitals**. Això significa que treballen amb xifres numèriques.

Qualsevol idea, sensació o informació que hi vulguem introduir s'haurà de *codificar*, convertint-la en una seqüència de xifres. Aquest procés s'anomena **digitalització**.

Un cop fet això, els dispositius digitals ens permetran transformar les seqüències, emmagatzemar-les, transmetre-les, duplicar-les, etc.

Finalment, per poder tornar a recuperar la informació en el seu format original caldrà *decodificar* les seqüències numèriques obtingudes, convertint-les en quelcom perceptible pels nostres sentits. Aquest procés s'anomena **realització**.



Procés de digitalització - realització

Hi ha aparells especialitzats a realitzar cada una d'aquestes fases. Per exemple, vegem el procés que caldria seguir si volguéssim fer un retoc a una fotografia amb l'ordinador:

- Primer caldrà escanejar-la. L'escàner és un aparell **digitalitzador**, que llegeix els colors dels punts de la fotografia i els transforma en valors numèrics. Cada color es representa per un conjunt de números.
- L'escàner envia els valors numèrics dels colors de la fotografia a l'ordinador, que s'encarrega de processar-los.
- L'ordinador ens mostra la fotografia a la pantalla. És un aparell **realitzador**: rep contínuament milers de números que li envia l'ordinador, i els fa servir per a calcular el color amb què s'il·luminaran els puntets que formen la imatge.
- Quan treballem amb la fotografia farem servir el ratolí. És també un dispositiu **digitalitzador**, que converteix els moviments de la mà en xifres numèriques que s'envien a l'ordinador.
- Finalment potser voldrem imprimir la fotografia. Necessitarem una impressora, que

és també un aparell **realitzador**: l'ordinador li envia una llarga sèrie de xifres, que serveixen per a determinar la manera d'esquitxar un paper blanc amb petites gotes de tinta de colors.

Quan treballem amb música o amb so seguirem un procés similar:

- Haurem de **digitalitzar** el so o la música amb algun aparell especialitzat: un micròfon, el teclat de l'ordinador, un instrument MIDI...
- L'ordinador ens permetrà **processar** aquesta informació mitjançant el programari adient.
- Per acabar haurem de **realitzar** les xifres numèriques, convertint-les en sons (amb la targeta de so del PC, amb un reproductor de CDs o amb un sintetitzador extern) o imprimint una partitura (amb la impressora).

És important tenir clar aquest procés, que es repeteix una vegada i una altra quan fem servir els ordinadors i altres aparells digitals.

Representació de la informació digital

Les xifres numèriques es poden representar de diverses maneres. Per exemple, el número 18 també es pot indicar com "una dotzena i mitja" o "dues vegades nou", o "tres sisenes". Tot depèn del sistema de numeració que fem servir. Els ordinadors fan servir el **sistema binari**, on s'utilitzen només dues xifres: el zero i l'u.

Així és com es compta en sistema binari:

1 és l'1: una unitat.

10 val per dos: una parella i cap unitat.

11 equival a tres: una parella i una unitat.

100 significa quatre: una parella de parelles i res més.

101 vol dir cinc: una parella de parelles i una unitat.

etcètera...

El 18 seria **10010** (una setzena i una parella).

Cada dígit s'anomena **"bit"**. Els bits acostumen a comptar-se de vuit en vuit, en expressions com ara "10010101". Cada paquet de 8 bits rep el nom de **"byte"**.

Un ordinador actual acostuma a tenir uns 128 Mb (megabytes) de memòria, i això significa que pot retenir les dades d'uns 128 milions de bytes o, el que és el mateix, d'uns 1.024 milions de bits. La mida dels fitxers es mesura en bytes, en kilobytes (milers de bytes) o, si són molt grans, en megabytes (milions de bytes). La capacitat dels discs durs es mesura en gigabytes (o "gigues"), que són milers de milions de bytes, i la velocitat d'una línia de connexió a internet s'acostuma a mesurar en kilobits o megabits per segon.

En un CD la informació s'enregistra mitjançant foradets microscòpics realitzats damunt una làmina de resina, amb un material reflectant al darrere que fa de mirall. Els foradets es van marcant en espiral, des del centre cap a l'exterior. Un raig làser s'encarrega de llegir aquesta espiral, de manera que el dispositiu interpreta els forats com a "1" i els trams sense forat com a "0".

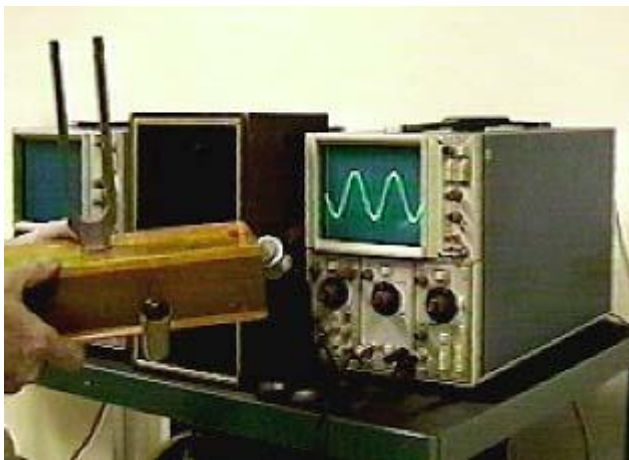
El mateix passa amb els telèfons mòbils GSM: quan hi parlem es produeix un procés de digitalització, que fa que el so es transformi en xifres numèriques. Aquestes xifres es transmeten per l'aire en forma d'"uns" i "zeros" fins al receptor, que decodifica la informació

i genera una ona de so semblant a l'original.

SO DIGITAL

El so és la sensació per la qual percebem els canvis de pressió i densitat de l'aire que es transmeten en forma de vibracions. Tal com hem vist, els aparells digitals poden treballar únicament amb seqüències de xifres numèriques. Si volem treballar el so amb l'ordinador ens caldrà obtenir una representació numèrica d'aquestes vibracions.

Primer cal convertir les vibracions de l'aire en oscil·lacions d'un corrent elèctric. D'això se n'encarreguen els micròfons i altres aparells similars. La imatge que veiem en un oscil·loscopi connectat a un micròfon és una analogia dels canvis que el so provoca en la pressió de l'aire al llarg del temps. També rep el nom de **representació analògica**.



Un micròfon connectat a un oscil·loscopi que mostra una representació analògica del so d'un diapasó

El segon pas consistirà a mesurar a intervals regulars la intensitat del senyal elèctric que dona el micròfon. La col·lecció de valors obtinguts serà ja una **representació digital** del so.

En el procés de digitalització hi intervenen tres factors:

- La **frequència** amb què es mesura la intensitat del senyal elèctric, que s'indica en Hz (Hertz: nombre de lectures per segon). No s'ha de confondre aquesta magnitud amb la *frequència del so*, on els Hz indiquen el nombre de vibracions per segon.

Els valors emprats més usualment en els enregistraments digitals són:

- 11.025 Hz Per enregistraments de veu
- 22.050 Hz Per enregistraments de música amb qualitat mitjana
- 44.100 Hz Per enregistraments de música amb alta qualitat

- La **resolució** amb què s'anoten els valors de les lectures.
En tota mesura d'una magnitud física hi ha sempre un arrodoniment. No és el mateix pesar amb unes balances de precisió, que ens permeten afinar fins als mil·ligrams, que amb una bàscula domèstica, on sempre acabarem arrodonint a desenes de grams. Amb l'ordinador hi ha dues possibilitats:

- **8 bits** (un byte per lectura) Permet fer servir una escala de 256 valors possibles. Ve a ser com pesar amb una bàscula domèstica.

- **16 bits** (dos bytes per lectura) Ofereix una escala de 65.536 valors. Seria l'equivalent a les lectures que ens donaria una balança de precisió.
- El nombre de **canals**.
La digitalització es pot fer a partir d'un senyal monofònic (un sol registre sonor) o estereofònic (dos registres simultanis).

Els valors que escollim per a cada un d'aquests tres paràmetres determinaran la qualitat de la digitalització, i ens indicaran també el nombre de bytes que necessitarem per a emmagatzemar les dades recollides.

TECNiques DE COMPRESIÓ DEL SO DIGITAL

Les dades provinents d'un enregistrament digital d'àudio poden ocupar molt d'espai, especialment si la digitalització s'ha realitzat a alta qualitat. Per exemple, per digitalitzar una cançó de 3 minuts de durada a 44.100 Hz es realitzen gairebé 8 milions de lectures:

$$44.100(\text{mostres per seg.}) \times 3(\text{minuts}) \times 60(\text{seg. cada minut}) = 7.938.000 \text{ mostres}$$

Si l'enregistrament és estereofònic caldrà multiplicar aquest valor per 2, i si les lectures es fan a 16 bits (que és el normal) necessitarem 2 bytes per emmagatzemar cada una de les xifres recollides. En total l'enregistrament ocuparà:

$$7.938.000(\text{mostres}) \times 2(\text{canals}) \times 2(\text{bytes per mostra}) = 31.752.000 \text{ bytes}$$

És a dir, gairebé 32 milions de bytes per només una cançó! Necessitaríem més de 20 disquets d'1,4 Mb per guardar-la, i hauríem d'invertir més d'una hora si la volguéssim enviar per internet amb un mòdem.

Els **còdecs** són algorismes matemàtics que permeten comprimir les dades, fent que ocupin molt menys espai. La paraula còdec ve de la contracció de les expressions *COder* i *DECoder*. El Windows incorpora uns quants còdecs especialitzats en àudio, i d'altres especialitzats en vídeo. Per veure la llista de còdecs aneu al **tauler de control** i remeneu per les pestanyes de la icona **Multimèdia** (o "Sons i multimèdia", segons la versió del Windows que estigueu fent servir).

Sempre que es fa servir un còdec es perd una mica de qualitat, ja que s'acostumen a sacrificar algunes dades que els nostres sentits gairebé no perceben. Per això convé fer el procés de compressió una sola vegada, quan ja haguem realitzat totes les modificacions desitjades a les dades originals.

Els còdecs d'àudio més usuals són:

- **MPEG Layer 3**, també conegut com a "MP3"
És el còdec més estès. Permet comprimir el so digital fins a 1/10 de la seva mida original sense que es perdi gaire qualitat. S'utilitza en molts tipus de dispositius portàtils, i és el rei dels còdecs en l'intercanvi de música per internet.
- **Ogg Vorbis**
A diferència de l'MP3, que té un complex sistema de patents, aquest format es basa en estàndards de codi obert i lliure. La qualitat és similar a la de l'MP3.

- **GSM**
És el còdec emprat pels telèfons mòbils. Està pensat per a comprimir el so de la parla. Té una relació de compressió molt alta, però ofereix una qualitat molt limitada.
- **Real Audio**
Aquest còdec l'utilitza l'empresa Real Networks en els seus sistemes de transmissió d'àudio en temps real per internet.
- **MS-ADPCM**
És un còdec molt senzill creat per Microsoft, que es limita a reduir la mida dels fitxers de so a la meitat, amb una pèrdua important de qualitat. L'esmentem perquè és l'únic còdec que funciona en sistemes anteriors al Windows 95.
- **PCM**
Són les inicials de "Pulse Code Modulation". De fet el PCM no és un còdec, sinó

Formats d'emmagatzematge

Les seqüències numèriques provinents d'una digitalització d'àudio es poden emmagatzemar i transmetre en formats molt diferents:

CD - Àudio

Els CD de música que fem servir als reproductors domèstics contenen les dades provinents d'una digitalització a 44,1 KHz, 16 bits i estèreo, sense cap tipus de compressió. En un CD de 700 Mb hi caben uns 80 minuts d'àudio.

el nom que reben les dades d'àudio digital sense comprimir. L'incloem en aquesta llista per ajudar a identificar els diversos formats de codificació de dades

Fitxers

El més usual és desar les dades d'àudio digital en un fitxer. Normalment l'extensió d'un fitxer (les tres darreres lletres) indica el format de les seves dades:

- **.wav**
És l'extensió que s'acostuma a emprar en el Windows per a identificar els fitxers d'àudio digital. Prové de la contracció de "wave" (*ona* en anglès). Les dades dels fitxers .wav poden estar en format PCM (sense comprimir) o poden haver estat comprimides amb qualsevol dels còdecs disponibles per a Windows.
- **.au i .aiff**
Els fitxers amb extensió .au i .aiff són els que s'acostumen a emprar en sistemes Mac i Linux. Contenen dades sense comprimir.
- **.mp3 i .ogg**
Els fitxers amb aquestes extensions contenen dades comprimides en format MPEG-III o Ogg Vorbis
- **.ra**
L'extensió .ra s'acostuma a utilitzar en els fitxers Real Player Player

