

Entre lo analógico y lo digital.

Fabián Romo Zamudio.
DGSCA UNAM
Agosto 2004

En la era (o sociedad) de la información en la que vivimos, cada vez es más frecuente el uso de los términos analógico y digital. Discos de acetato y compactos, cintas de video y DVD's, máquinas de escribir y computadoras con procesadores de textos, son sólo algunas muestras de la existencia de dos mundos estrechamente relacionados.

Analógico.

Todo lo analógico es un medio o simulación continuos de algún tipo de hecho, actividad o proceso. El ejemplo más sencillo para entender el concepto de dispositivo e información analógicos parte de un reloj de manecillas. Estos aparatos simulan el avance del tiempo a través del movimiento de pequeñas agujas (horas, minutos, segundos). Las manecillas no dejan de moverse, facilitando la lectura de la hora actual. El correr de las manecillas sobre la carátula, impulsadas por una batería o cuerda no constituye el tiempo en sí: son una forma de simularlo.

La información analógica es muy fácil de captar por los humanos a través de los sentidos. Las reacciones que produce un alimento en la boca y los pulsos electroquímicos de las papilas gustativas que se trasladan al cerebro son información analógica. Las ondas de luz a diversas frecuencias que captan los bastones y conos de nuestras retinas generan impulsos al cerebro que se interpretan como colores, intensidades, contrastes y brillos. El grado de excitación de las moléculas en el aire que nos rodea es capturado por la piel, produciendo señales, de nuevo al cerebro, que entendemos como frío o calor. Las ondas sonoras que impactan el tímpano de nuestros oídos se transforman en indicadores al cerebro, quien los procesa y nos hace disfrutar de una bella melodía o padecer el más intenso de los ruidos. Las moléculas que detecta nuestra nariz, ayudando a percibir olores, se representan una vez más en forma de señales a las neuronas. Sin lugar a dudas, el ser humano es un conjunto de dispositivos analógicos que capturan, procesan y emiten información analógica.

Otra manera más abstracta de asimilar el concepto de información analógica es por medio de ondas, ya sean las generadas por una piedra tirada a un estanque de agua o las que emite una estación de radio o televisión. Una onda es una representación continua de algún hecho: el impacto de la piedra en la superficie líquida o la alteración del aire circundante por medio de la voz de un conductor. Toda onda está formada por crestas y valles, que a su vez poseen características de amplitud y frecuencia. La ausencia de este movimiento continuo entre cresta y valle significa la carencia de información. La amplitud (qué tan grande es la distancia entre cresta y valle) así como la frecuencia (qué tan grande es la distancia entre cresta y valle) son factores muy explotados por medios y recursos analógicos. Las radio y teledifusoras se distinguen unas de otras por cómo modulan la amplitud o la frecuencia de las señales que emiten. Los colores de la luz visible no son otra cosa que frecuencias distintas en el espectro electromagnético.

Los medios de almacenamiento de información analógicos también son buenos ejemplos de esta Simulación Continua. Un antiguo disco de acetato (también llamado LP) posee surco en espiral extremadamente angosto que parte desde el borde hasta el centro. Si se analiza ese surco con un microscopio o una potente lupa se distinguirá que sus costados son ásperos. El sonido se genera por el arrastre de la aguja sobre ese surco irregular, como un diminuto Cañón del Sumidero. En el caso de las cintas de audio o video, el principio es muy similar: la orientación de las partículas magnetizables en la superficie plástica alterarán la frecuencia de una corriente eléctrica inducida por la cabeza lectora al momento de la reproducción. De nuevo, todas son simulaciones.

La información y los dispositivos analógicos han existido desde la humanidad misma (un ábaco es un dispositivo analógico que simula algo abstracto como las operaciones aritméticas). Pero tienen serios problemas que los limitan en cuanto al volumen y la calidad de la información:

- Toda onda puede ser interferida por otra de igual o mayor potencia (como sucede con las estaciones de televisión abierta)
- La información analógica tiende a degradarse conforme se avanza en el tiempo y el espacio
- Al ser simulaciones continuas, es muy alto el volumen de información que se procesa, almacena o transmite.

Las primeras computadoras eran una combinación de dispositivos analógicos (interruptores, lámparas, relevadores, etc) con capacidades muy limitadas de operación. Sin embargo, con la aparición de la electricidad y la electrónica se dio pie a una nueva manera de almacenar y distribuir información: la digital.

Digital.

A diferencia de los medios y dispositivos analógicos, los aparatos digitales no realizan simulaciones continuas de procesos o hechos, sino que funcionan con representaciones discretas. Regresando al ejemplo del reloj: uno de tipo digital muestra el tiempo en un momento dado representándolo con números en una pantalla, esto es: dando una equivalencia a un proceso que está en marcha con otros símbolos o valores.

Una onda, la expresión más común de información analógica, puede representarse en formato digital, asignando a cada elemento o punto de esa onda un valor numérico. La cantidad de valores que se tomen entre una cresta y valle se denomina tamaño de la muestra. Esto es similar a aproximar el valor de una curva por medio de pequeñas barras: entre más pequeñas sean estas más cercano al valor original de la onda se obtendrá.

Los discos compactos y DVD's, medios digitales por excelencia, usan la representación discreta, también conocida como muestreo estadístico, para almacenar la información. La fuente de sonido, totalmente analógica, es transformada en una cadena de ceros y unos (conversión analógica a digital, o ADC) que se registra en la superficie del disco como pequeñas marcas. En ese estado, es incomprendible para el ser humano, pero se tiene la ventaja de poder almacenar más información relevante en el dispositivo. Para que el audio o el video sean entendibles a los sentidos humanos, se debe pasar por la tarea inversa (conversión digital a analógica o DAC), que es realizada generalmente por un microprocesador y un software, lo que produce de nuevo variaciones en la frecuencia de una cierta corriente eléctrica, misma que se dirige hacia el amplificador y bocinas correspondientes. Los acervos digitales de audio no son simulaciones del sonido original, sino representaciones numéricas muy parecidas a la primigenia.

Los medios e información digital son un invento reciente, producto de las computadoras. Tienen grandes ventajas sobre los recursos analógicos, tales como:

- La información digital se conserva de copia a copia, siendo más estable en el transcurso del tiempo y el espacio.
- Requiere de menores dimensiones de almacenamiento.
- El acceso no necesariamente debe ser lineal, sino que se puede localizar cualquier punto de la información rápidamente.
- La información digital es más estable y difícil de interferir por otras informaciones similares.

Sin embargo su principal desventaja es que los usuarios de estos medios y recursos, los humanos, no asimilan directamente contenidos digitales, y requieren de dispositivos convertidores ADC y DAC todo el tiempo (computadoras, programas, procesadores de control en lectores de CD y DVD's, interfaces, etcétera)

Bits y bytes.

La mejor manera de entender lo que son los bits y los bytes es por medio de los dígitos. Un dígito es una posición que puede adoptar un valor entre 0 y 9. Los dígitos se combinan en grupos de regular tamaño para crear números más grandes. Por ejemplo, 1982 tiene cuatro dígitos, donde el 2 corresponde a las unidades, 8 a las decenas, 9 a las centenas y 1 a los millares. Por lo que el mismo número se puede expresar como una suma de diversas multiplicaciones, esto es:

$$(1 \times 1000) + (9 \times 100) + (8 \times 10) + (2 \times 1) = 1982$$

Otra forma de anotar el mismo número es con el uso de potencias de 10. Es decir, 1000 equivale a 10 a la tercera potencia ($10 \times 10 \times 10$). Si se sustituyen los valores respectivos de las potencias de 10 se notará que entonces cada posición de unidades, decenas, centenas, millares y así consecutivamente equivale a una potencia de 10. Las unidades corresponden a la posición cero, las decenas a la posición o potencia 1, y así infinitamente.

El sistema basado en diez dígitos es tan común por el hecho de que tenemos 10 dedos en las manos. Tal vez si los humanos tuviéramos 8 dedos el sistema sería octal, o hexadecimal si hubiera 16 dedos en total. Como es claro, un sistema numérico puede tener una base distinta, con sólo definir un conjunto de dígitos para la base. De esta forma, si la base del sistema es de 16 dígitos (hexadecimal), los símbolos van del cero al nueve y de la A a la F, aunque podrían usarse otros símbolos.

Las computadoras operan con un sistema numérico basado en dos dígitos, conocido como Sistema Binario (así como el que está basado en diez dígitos se conoce como sistema decimal). La razón por la que las computadoras usan el sistema en base 2 o binario se debe a que es mucho más fácil de implementar con la actual tecnología eléctrica y electrónica. Se podrían construir computadoras que operaran en base 10, pero sería demasiado costoso. El sistema binario es muy barato. Desde un simple origen: el cero y el uno, los dígitos binarios, se pueden asociar inmediatamente con la ausencia y presencia de una corriente eléctrica.

Por lo anterior, los dígitos binarios sustituyen a los dígitos decimales en las computadoras. La palabra bit es la abreviación de *Binary digIT*. Mientras que en la nomenclatura decimal el valor de un dígito puede ir de 0 a 9, en la binaria sólo puede adoptar el valor de cero o uno. Por ende, un número binario se compone de ceros y unos, tal como 1101, mismo que equivale a 13 en decimal, lo cual es sencillo de deducir si se sustituyen las potencias de 2 respectivas:

$$(1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 8 + 4 + 0 + 1 = 13$$

Sin embargo, es muy poco común que los bits estén solos en las computadoras. Generalmente se agrupan en colecciones de 8 bits, a las cuales se llama bytes. El porqué un byte contiene 8 bits y no 10, 40 o 100, se debe a una serie de ensayos y errores de la gente relacionada con el cómputo en los últimos 50 años.

Con 8 bits en un byte se pueden representar 256 valores distintos, desde el 00000000 hasta el 11111111. Si se usan dos bytes, los valores posibles son 65535. Los bytes se usan generalmente para registrar los caracteres individuales de un documento en texto plano. El conjunto de códigos ASCII asigna un valor de 0 a 127 para un carácter en específico. Algunas computadoras usan el código extendido ASCII para alcanzar los 256 caracteres. Los últimos 128 caracteres corresponden a símbolos especiales o letras acentuadas.

Cuando las computadoras almacenan documentos en texto plano, tanto en un medio de almacenamiento como en la memoria, se usan estos códigos. Por ejemplo, si se emplea el *Bloc de Notas* que se incluye en el sistema operativo *Windows* para crear un archivo que contenga el texto "Hola, buenos días, este es mi primer texto", el programa *Bloc de Notas* usará 1 byte por cada

carácter, incluyendo uno por cada espacio. Cuando la frase se almacena en el disco también se usará un byte por cada espacio y carácter.

Si se viera el archivo como lo interpreta la computadora, se notará que en lugar de letras hay números: el correspondiente al código ASCII de cada carácter. Pero no en decimal, sino en binario, por lo que se observaría una secuencia de ceros y unos.

Cuando se empieza a usar la computadora aparecen otros términos asociados a los bits y bytes. Es muy raro encontrar archivos que sólo tengan uno o dos bytes, por lo que se usan múltiplos y prefijos para nominar cantidades más grandes de bytes. Kilobyte, Megabyte y Gigabyte, abreviados respectivamente como KB, MB y GB, son los más comunes, y difieren de Kb, Mb y Gb, no solo por la b minúscula, sino porque estos últimos indican miles, millones o miles de millones de bits, no de bytes.

| Nombre | Abreviación. | Tamaño en bytes |
|--------|--------------|--|
| Kilo | K | $2^{10} = 1,024$ |
| Mega | M | $2^{20} = 1,048,576$ |
| Giga | G | $2^{30} = 1,073,741,824$ |
| Tera | T | $2^{40} = 1,099,511,627,776$ |
| Peta | P | $2^{50} = 1,125,899,906,842,624$ |
| Exa | E | $2^{60} = 1,152,921,504,606,846,976$ |
| Zetta | Z | $2^{70} = 1,180,591,620,717,411,303,424$ |
| Yotta | Y | $2^{80} = 1,208,925,819,614,629,174,706,176$ |

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el prefijo *kilo* denomina cerca de mil bytes, *mega* un millón, *giga* poco más de mil millones, y así consecutivamente. Pero no son múltiplos exactos de 10. La causa es que los bytes tienen como base un sistema numérico binario, no el decimal. Sin embargo son aproximaciones que dan a los usuarios de computadoras ideas concretas de qué tanta información se está hablando. Otra equivalencia es la siguiente:

| Valor | Tamaño equivalente |
|-----------|---|
| Kilobyte | Una cuartilla promedio con sólo texto |
| Megabyte | Mil cuartillas. Un libro promedio |
| Gigabyte | Mil libros. Una pequeña biblioteca |
| Terabyte | Un millón de libros. El acervo de una Universidad |
| Petabyte | Mil bibliotecas de gran tamaño. |
| Exabyte | Todas las bibliotecas del mundo |
| Zettabyte | Todos los libros en todo el planeta |
| Yottabyte | Todas las publicaciones de varios mundos |