

Transmisión de Señales

Una señal consiste en una serie de patrones eléctricos u ópticos que se transmiten de un dispositivo conectado a otro. Estos patrones representan bits digitales y se transportan a través de los medios como voltaje o como patrones luminosos. Cuando las señales llegan al destino, se vuelven a convertir en bits digitales.

Existen tres métodos comunes de transmisión de señales:

- **Señales eléctricas** : La transmisión se logra representando los datos como pulsos eléctricos sobre cables de cobre.
- **Señales ópticas** : La transmisión se logra convirtiendo las señales eléctricas en pulsos luminosos.
- **Señales inalámbricas** : La transmisión se logra utilizando infrarrojo, microondas, u ondas de radio a través del espacio libre.

Las señales que llegan al otro extremo del cable deben guardar un gran parecido con las que ingresaron al cable. Si algo le ocurre a la señal en el camino que reduzca su fuerza o modifique su forma, la señal recibida puede resultar incomprensible. La degradación de una señal se puede producir por varias razones. Se puede deber a problemas físicos en el cable mismo, o a ruidos internos o externos que interfieran con la señal a medida que viaja por el medio.

Uno de los mayores obstáculos que puede encontrar una señal es el esfuerzo necesario para pasar por el medio. Esto se denomina resistencia. La resistencia tiende a reducir la fuerza de una señal. Cuando esto sucede, se lo llama atenuación. El ruido es otra causa de distorsión y degradación. El ruido puede estar provocado por señales eléctricas, ondas de radio o microondas, o puede provenir de señales en cables adyacentes.

Factores que Afectan la Transmisión

- Atenuación
- Distorsión
- Pérdida en el espacio libre (Free space loss)
- Ruido
- Absorción atmosférica
- Multi trayecto (Multipath)
- Refracción
- Ruido termal

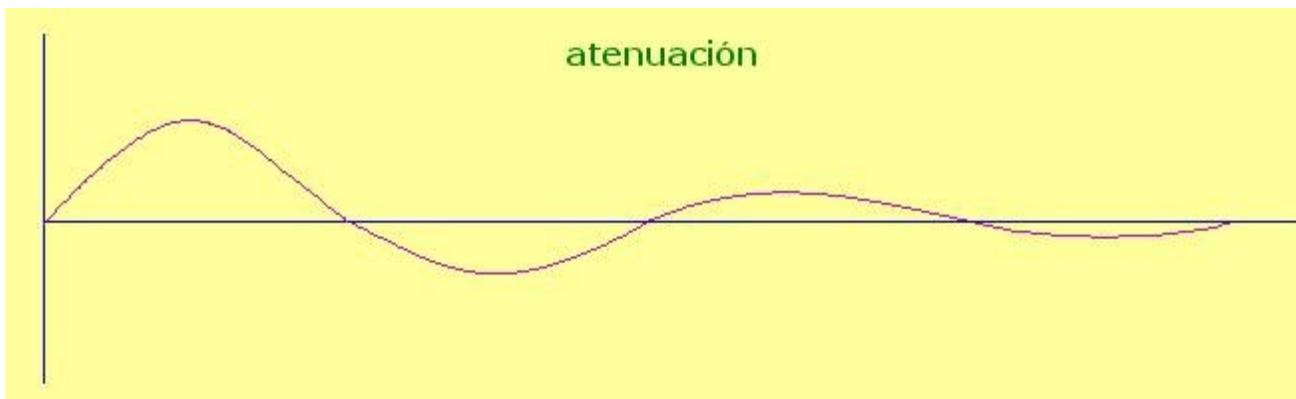
Atenuación

Atenuación es un término general que se refiere a toda reducción en la fuerza de una señal. La atenuación se produce con cualquier tipo de señal, sea digital o analógica. La atenuación, que a veces también se menciona como pérdida, es un fenómeno natural que se produce en la transmisión de señales a grandes distancias. Puede afectar a una red, debido a que limita la longitud del cableado de red por el cual se puede enviar un mensaje. Si la señal recorre grandes distancias, es posible que los bits no se puedan discernir ó distinguir para cuando alcancen su destino. Cuando es necesario transmitir señales a grandes distancias por medio de un cable, se puede instalar uno o más repetidores a lo largo del cable.

Los repetidores le dan más fuerza a la señal para superar la atenuación. Esto aumenta en gran medida el rango máximo alcanzable de comunicación.

La atenuación también se produce con las señales ópticas. La fibra absorbe y esparce parte de la energía luminosa a medida que el pulso luminoso viaja por la fibra. En ésta, la atenuación se puede ver influenciada por la longitud de onda o el color de la luz, por el uso de fibra monomodo o multimodo, y por el vidrio que se utilice para fabricar la fibra. Aun cuando se optimicen estas opciones, es inevitable que se produzca cierto grado de atenuación.

También afecta a las ondas de radio y las microondas, debido a que éstas se absorben y se esparcen en la atmósfera. Esto se denomina dispersión. Las reflexiones de las distintas estructuras en la vía de la señal también repercuten en la confiabilidad de las señales de radio y provocan atenuación.



En resumen en la Atenuación :

- La fuerza de la señal decrece con la distancia.
- La señal recibida debe tener la suficiente fuerza para ser interpretada correctamente por el receptor.
- La señal debe mantener un nivel más alto que el ruido para ser recibido sin error.
- Si la atenuación es más alta a altas frecuencias causa distorsión

El Ruido

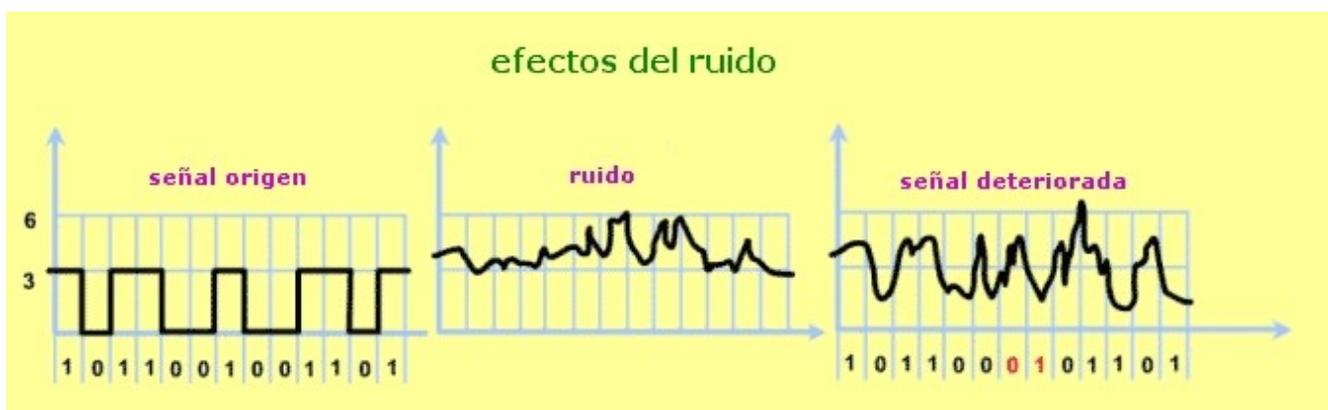
El ruido consiste en la energía eléctrica, electromagnética o de frecuencia de radio no deseada que puede degradar y distorsionar la calidad de las señales y las comunicaciones de todo tipo.

El ruido se produce en los sistemas digitales y analógicos. En el caso de las señales analógicas, la señal se vuelve ruidosa y adquiere un sonido de raspado. Por ejemplo, una conversación telefónica se puede ver interrumpida por los ruidos en el fondo de la línea. En los sistemas digitales, los bits a veces pueden fusionarse, y, en estos casos, la computadora de destino ya no es capaz de distinguirlos. Como resultado, se produce un aumento en la tasa de errores de bit, es decir, la cantidad de bits distorsionados a tal punto que la computadora de destino lee el bit de forma incorrecta. Una señal digital claramente definida no siempre llega al destino sin alguna alteración. Puede producirse ruido eléctrico en la línea. Cuando las dos señales se juntan, pueden fusionarse en una nueva señal. El dispositivo receptor puede interpretar la señal clara original de forma incorrecta.

Además, las señales que son externas a los cables, como las emisiones de los transmisores de radio y los radares, o los campos eléctricos que emanan de los motores eléctricos y los accesorios de luz fluorescente, pueden interferir con las señales que están viajando por los cables. Este ruido se denomina Interferencia Electromagnética (EMI) cuando se origina en fuentes eléctricas, o Interferencia de Radiofrecuencia (RFI) cuando se origina en fuentes de radio, radar o microondas.

Los sistemas ópticos e inalámbricos sufren estos tipos de ruidos pero son inmunes a otros. Por ejemplo, la fibra óptica es inmune a la mayor parte de los tipos de diafonía (interferencia proveniente de cables adyacentes) y a los ruidos relacionados con la alimentación de CA, y los problemas de referencia de las conexiones a tierra. Las ondas de radio y las microondas son inmunes también, pero pueden verse afectadas por transmisiones simultáneas en frecuencias de radio adyacentes.

En el caso de los enlaces de cobre, el ruido externo que captan proviene de los aparatos eléctricos cercanos, de transformadores eléctricos, de la atmósfera, e incluso del espacio exterior. Durante fuertes tormentas eléctricas o en lugares donde hay muchos aparatos eléctricos en uso, el ruido externo puede afectar las comunicaciones. La mayor fuente de distorsión de señales, en el caso de los cables de cobre, se produce cuando las señales inadvertidamente se salen de un alambre dentro del cable y se pasan a otro adyacente. Esto se denomina diafonía.



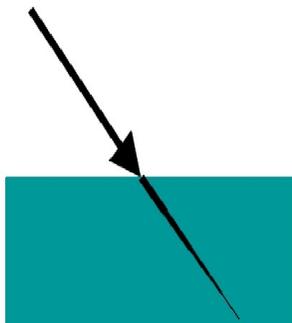
Tipos de Ruido :

- **Crosstalk** : No deseable en el acoplamiento de el camino de las señales.
- **Ruido Blanco** : Ruido constante dentro del sistema.
- **Distorsión** : Deformación de la señal producida porque el canal se comporta de forma distinta en cada frecuencia. Tipos de Distorsión:
 - **Distorsión por atenuación**: Ocurre cuando las altas frecuencias pierden potencia con mayor rapidez que las frecuencias bajas durante la transmisión, lo que puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes. La pérdida de potencia está en función del método y medio de transmisión. Además, la atenuación aumenta con la frecuencia e inversamente con el diámetro del alambre. Este problema se evita con estaciones repetidoras que refuercen la señal cuando sea necesario.
 - **Distorsión por retraso**: Ocurre cuando una señal se retrasa más a ciertas frecuencias que a otras. Si un método de transmisión de datos comprende datos transmitidos a dos frecuencias distintas, los bits transmitidos a una frecuencia pueden viajar ligeramente más rápido que los transmitidos en la otra. Existe un dispositivo llamado igualador (o ecualizador) que compensa tanto la atenuación como la distorsión por retraso.
- **EMI y RFI** : Algunas de las fuentes externas de impulsos eléctricos que pueden atacar la calidad de las señales eléctricas del cable son los accesorios de iluminación, los motores eléctricos y los sistemas de radio. Estos tipos de interferencia se denominan interferencia electromagnética (EMI) e interferencia de radiofrecuencia (RFI). Todo dispositivo o sistema que genere un campo electromagnético tiene la capacidad de causar interrupciones en el funcionamiento de los componentes, los dispositivos y los sistemas electrónicos cercanos. Este fenómeno se denomina interferencia electromagnética (EMI). Los transmisores inalámbricos de potencia moderada o alta producen campos EMI lo suficientemente fuertes como para afectar el funcionamiento de los equipos electrónicos cercanos. Es posible minimizar los problemas con la EMI asegurándose de que todos los equipos electrónicos se operen con una buena conexión eléctrica a tierra en el sistema. También es posible instalar filtros de línea especializados en los cables de alimentación y los cables de interconexión para reducir la susceptibilidad de algunos sistemas a la EMI.
- **Ruido de la conexión a tierra de referencia** : Son las interferencias en el sistema de datos debido a que el chasis de un dispositivo informático sirve como la conexión a tierra de referencia de señal y como conexión a tierra de la línea de alimentación de CA.
- **Ruido de la línea de alimentación de CA** : Se origina debido a los campos eléctricos y magnéticos producidos por la corriente alterna que circula por el cableado de alimentación común en casas, empresas, etc. Como consecuencia, dentro de estos edificios, el ruido de la línea de alimentación de CA se encuentra en todo el entorno. Si no es tratado correctamente, el ruido de la línea de alimentación puede representar un gran problema para una red.

Señales que interfieren entre el transmisor y el receptor

- **Ruido térmico** : Debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor.
- **Ruido de intermodulación** : Cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión. La interferencia es causada por la señal resultante que tiene un frecuencia igual a la suma o diferencia de la frecuencia original.
- **Ruido impulsivo** : Son pulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal . Causado por disturbios electromagnéticos o equipos con fallas.
- **Diafonía** : Debido a la proximidad entre líneas (corrientes inducidas). Cuando el ruido eléctrico del cable tiene origen en señales de otros alambres del cable. Ejemplo: Cuando dos hilos están colocados uno muy cerca del otro y no están trenzados, la energía de un hilo puede trasladarse al hilo adyacente y viceversa. Se puede controlar mediante el cumplimiento estricto de los procedimientos de terminación estándar y el uso de cables de par trenzado de buena calidad. Se divide en NEXT: Cuando la señal inducida vuelve y es percibida por el emisor. La FEXT: La señal inducida es percibida en el lado receptor, es mas débil que el NEXT.
- **Eco** : Rebote de la señal en el receptor.

La Absorción



- La absorción ocurre cuando un objeto disminuye la intensidad de la radiación incidente.
- El vapor de agua y oxígeno contribuyen a la atenuación de las señales.
- A frecuencias menores a los 15 GHz la atenuación es menor.
- La lluvia y niebla causa atenuación.
- El agua absorbe rápidamente las ondas electromagnéticas, así como muchas otras sustancias.
- La energía absorbida generalmente se transforma en calor.

La Refracción



- Refracción – inclinación de la microondas por la atmósfera
- La velocidad de las ondas electromagnéticas es una función de la densidad del medio.
- Cuando el medio cambia, la aceleración cambia

Multitrayecto



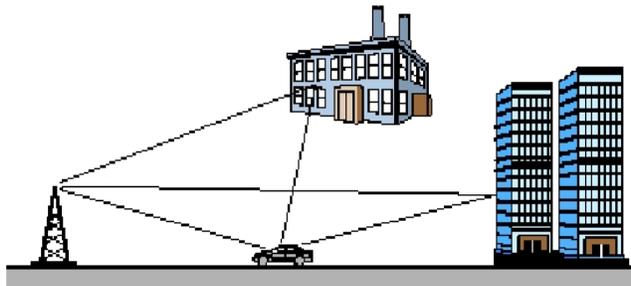
(a) Microwave line of sight

Los obstáculos reflejan las señales causando que múltiples copias con diferentes retardos sean recibidas.

Dependiendo de las diferencias en las longitudes de las ondas directas y reflejadas, la señal compuesta puede ser más larga o más pequeña que la señal directa.

En la telefonía móvil hay muchos obstáculos.

En otros casos como satélites y microondas las antenas pueden ser localizadas donde no existan muchos obstáculos cercanos.



(b) Mobile radio

Desvanecimiento – Fading

Es usado para describir las fluctuaciones rápidas en las amplitudes, fases o retardos de una señal de radio en un período corto de tiempo o distancia de viaje.

El desvanecimiento es causado por la interferencia entre dos o más versiones de la señal transmitida que llega al receptor en tiempos ligeramente deferentes.

La señal recibida denominada onda multitrayecto puede entonces variar significativamente en sus características.

Muchos factores pueden causar el desvanecimiento:

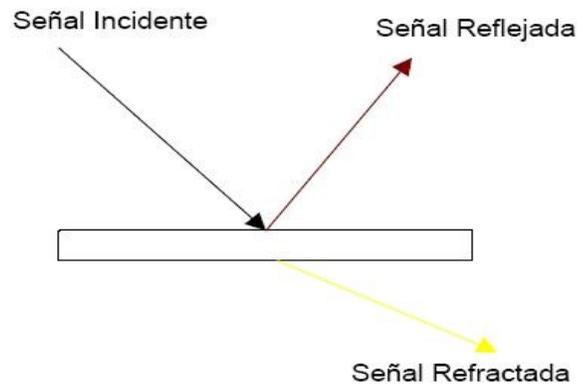
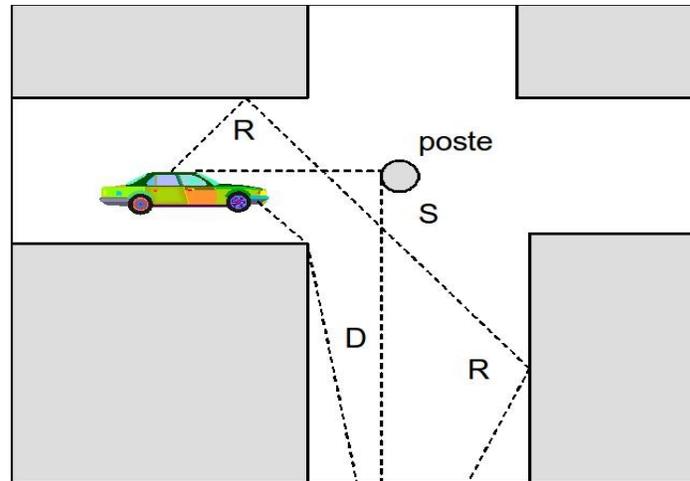
- Propagación de multitrayecto.
- Velocidad del usuario móvil.
- Velocidad de los objetos alrededor del radio del canal.

Desvanecimiento – Propagación de Multitrayecto

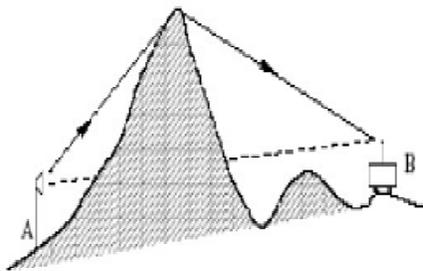
- **Reflexión** : Cuando la señal encuentra una superficie que es larga comparado con la longitud de onda de la señal.
- **Difracción** : Ocurre en los lados de un cuerpo impenetrable que es largo comparado

con la longitud de onda de la onda de radio.

- **Scattering** : Cuando la señal tropieza un cuerpo cuyo tamaño está en el orden o es menor que la longitud de onda de la señal.



Desvanecimiento - La difracción



La difracción es uno de los factores que explican la cobertura en sitios visualmente bloqueados.

Los objetos agudos causan mucha más difracción que los de bordes suaves.

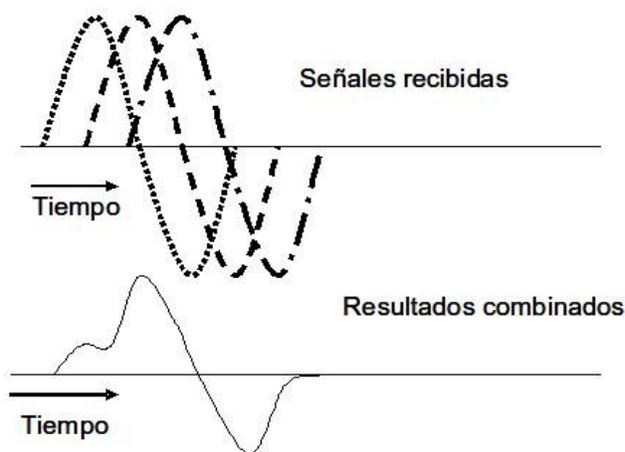
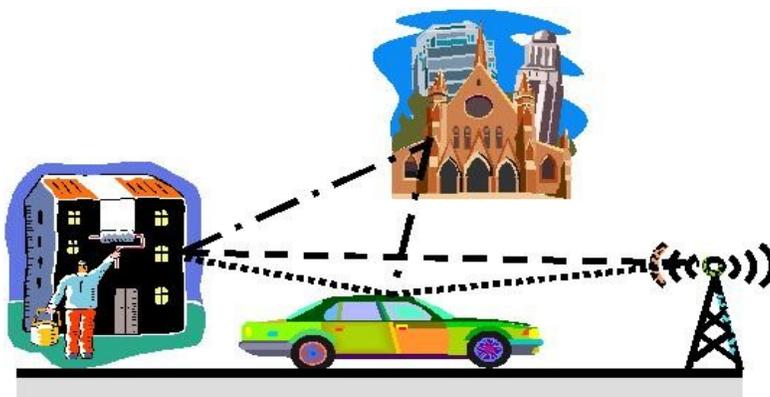
El frente de onda es frenado por el obstáculo, mientras que el resto prosigue con la misma velocidad.

Desvanecimiento: Efectos de la Propagación Multitrayecto

Múltiples copias de una señal pueden llegar a diferentes fases.

Las ondas de radio provenientes de diferentes direcciones llegan con diferentes retardos.

Así, la señal recibida por el usuario móvil puede consistir de un número de ondas con aleatorias características de onda que pueden combinarse vectorialmente en la antena del receptor causando distorsión o pérdida.



El Decibel (dB)

Planteado en principio como “magnitud de relación” de parámetros (tensión, corriente, potencia, densidad de flujo, ruido, etc), puede utilizarse como “magnitud de medida” cuando a uno de los parámetros de referencia se le asigna un valor unitario o un valor constante.

Se define al decibel (dB) como “la unidad utilizada para expresar la magnitud de una modificación en un nivel sonoro o señal física, eléctrica o electromagnética”.

Es una unidad de medida que sirve para expresar la intensidad de los sonidos.

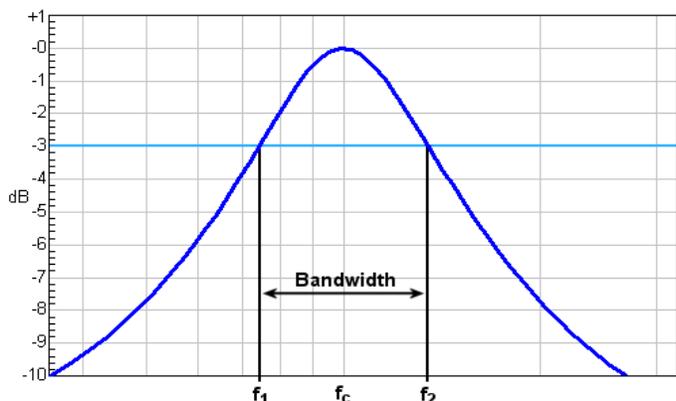
En ambiente se utiliza especialmente para medir el ruido a que están expuestos los seres humanos en la mayor parte de las comunidades urbanas, uno de los más graves y menos atendidos factores de contaminación de la sociedad actual.

Un ruido empieza a ser irritante a los 80 dB (un tren de carga o un camión pesado a 15 metros).

A los 130 dB es ya doloroso (despegue de un avión a reacción a unos 60 m, discoteca, bocina de un automóvil a un metro).

FUENTES DE SONIDO	DECIBELES
Umbral de audición	0
Susurro, respiración normal, pisadas suaves	10
Rumor de las hojas en el campo al aire libre	20
Murmullo, oleaje suave en la costa	30
Biblioteca, habitación en silencio	40
Tráfico ligero, conversación normal	50
Oficina grande en horario de trabajo	60
Conversación en voz muy alta, gritería, tráfico intenso de ciudad	70
Timbre, camión pesado moviéndose	80
Aspiradora funcionando, maquinaria de una fábrica trabajando	90
Banda de música rock	100
Claxon de un coche, explosión de petardos o cohetes empleados en pirotecnia	110
Umbral del dolor	120
Martillo neumático (de aire)	130
Avión de reacción durante el despegue	150
Motor de un cohete espacial durante el despegue	180

Ancho de banda o bandwidth



En conexiones a Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bit/s), kilobits por segundo (kbit/s), o megabits por segundo (Mbit/s).¹

Para señales analógicas, el ancho de banda es la longitud, medida en hercios (Hz), del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser

calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier. También son llamadas frecuencias efectivas las pertenecientes a este rango.

Así, el ancho de banda de un filtro es la diferencia entre las frecuencias en las que su atenuación al pasar a través de filtro se mantiene igual o inferior a 3 dB comparada con la frecuencia central de pico (f_c).

La frecuencia es la magnitud física que mide las veces por unidad de tiempo en que se repite un ciclo de una señal periódica. Una señal periódica de una sola frecuencia tiene un ancho de banda mínimo. En general, si la señal periódica tiene componentes en varias frecuencias, su ancho de banda es mayor, y su variación temporal depende de sus componentes frecuenciales.

Normalmente las señales generadas en los sistemas electrónicos, ya sean datos informáticos, voz, señales de televisión, etc., son señales que varían en el tiempo y no son periódicas, pero se pueden caracterizar como la suma de muchas señales periódicas de diferentes frecuencias.

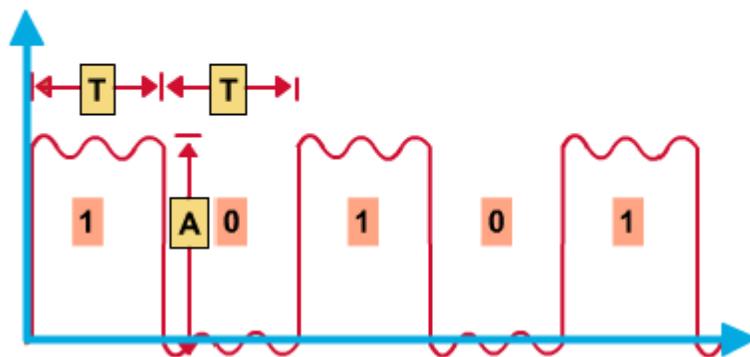
Características de las señales

Periódicas: son las señales que repiten todos sus valores en un espacio de tiempo, es decir, cada cierto tiempo repiten la figura que describe la señal, su comportamiento es predecible.

Aperiódicas: Son las señales que no repiten sus valores, y por tanto no podemos predecir su evolución.

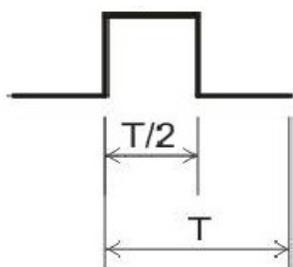
Señales digitales

A = Amplitud (altura o profundidad de la onda)



Características de la señales digitales:

- La duración de los pulsos es igual siempre. Esta duración se llama "T" y su unidad es el segundo.
- Las curvas de voltaje vs tiempo muestran una variación discreta o pulsante
- Es típica de la tecnología, más que de la naturaleza tienen una amplitud fija, pero el ancho de sus pulsos y frecuencia se pueden modificar.
- Velocidad de transmisión: Numero de bits que se envían o reciben por segundo en un sistema de transmisión de datos. Su fórmula es $V_t = V_m \cdot \text{No. de bits del pulso}$.
- Velocidad de modulación (V_m): Numero de pulsos que una señal de este tipo hace por segundo, unidad el Baudio. Formula $V_m = \text{Numero de Cambios/Tiempo}$.



$$V_m = \frac{1}{T/2}$$

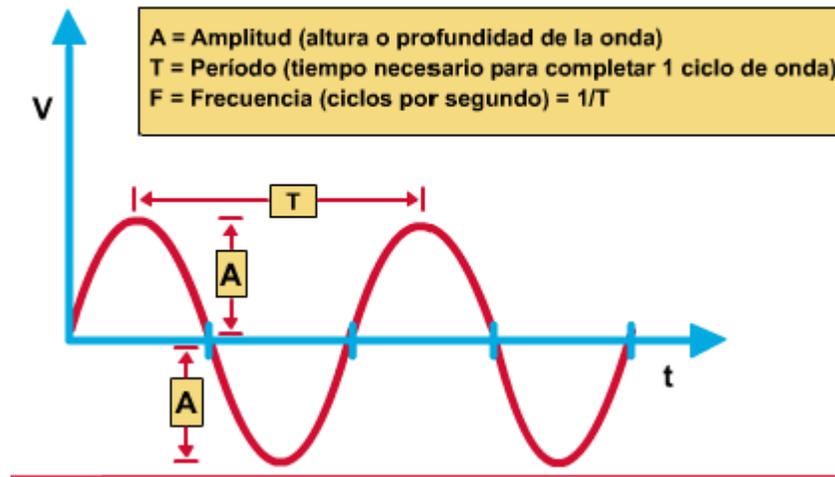
$$f = 1\text{MHz}$$

$$T = \frac{1}{1\text{MHz}} = 1\mu\text{s}$$

$$V_m = \frac{1}{0.5\mu\text{s}} = 2\text{MBaudios}$$

Características de las señales analógicas:

Señales analógicas



- Valor de pico (VP): Es el valor máximo que alcanza una señal. Si el máximo positivo es igual que el máximo negativo, denominamos Valor de pico a pico (V_{pp}) a la suma sin signo de los dos valores. Por tanto, $[V_{pp}=2V_p]$.
- Periodo (T): Es el tiempo que tarda en ejecutar un ciclo. Entendemos por ciclo cada repetición de la señal. El periodo se mide en segundos, y se emplean más habitualmente los submúltiplos: msg (milisegundos)= 10^{-3} sg, msg (microsegundos)= 10^{-6} sg, nsg (nanosegundos)= 10^{-9} sg, y ps (picosegundos)= 10^{-12} sg.
- Frecuencia (f): Es el número de ciclos que una señal periódica ejecuta por segundo, y su unidad es el Hertzio (Hz). Habitualmente se usan los múltiplos del Hz: Khz (Kilohercios)= 10^3 Hz, Mhz (Megahercios)= 10^6 Hz, Ghz (Gigahercios)= 10^9 Hz, y Thz (Terahercios)= 10^{12} Hz. FORMULA DE LA FRECUENCIA $f=1/T$ o $F=C/\lambda$
- Amplitud : Valor escalar instantáneo que se indica en unidades, normalmente Volts de la señal.
- Fase: Es una medida de posición relativa de la señal dentro de un periodo de la misma, para una señal periódica $s(t)$, fase es la fracción de T/P del periodo P, en la que T ha avanzado respecto a un origen arbitrario. El origen se considera normalmente como el ultimo cruce por cero desde valores positivos a negativos.
- La señal analógica a diferencia de la digital es ondulatoria.
- Es típica de la naturaleza.
- Se ha utilizado en las telecomunicaciones por 1 siglo.

Longitud de Onda

Es la longitud en metros que existe entre cresta y cresta de una señal eléctrica. La longitud de onda es igual a la velocidad de la luz entre la frecuencia.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde:

λ es la longitud de onda en mts.

c es la velocidad de la luz (3×10^8 mts/seg)

f es la frecuencia (1Hertz=1/seg)

Fase inicial (φ) en una senoide

La fase da una idea del desplazamiento horizontal de la senoide. Si dos senoides tienen la misma frecuencia e igual fase, se dice que están en fase.

Si dos senoides tienen la misma frecuencia y distinta fase, se dice que están en desfase, y una de las senoides está adelantada o atrasada con respecto de la otra.

Carece de sentido comparar la fase de dos senoides con distinta frecuencia, puesto que éstas entran en fase y en desfase periódicamente.

Analogico vs. Digital

Ambos pueden transportar voz, datos, texto, imágenes, vídeo. La señal analógica necesita amplificadores por que conforme viaja la señal se va perdiendo, la señal digital necesita repetidores. Una desventaja es que toda la naturaleza es analógica. Los sistemas digitales son uniformes y no tan complicados como los analógicos, además que proporcionan una gran calidad de la información.