

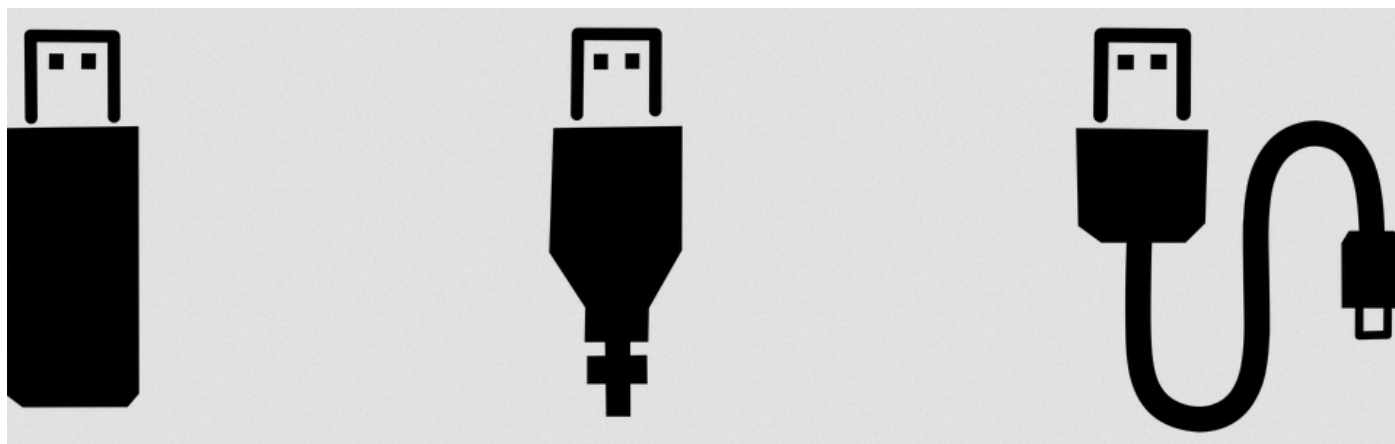
Comunicación de datos

Introducción

Durante un proceso cualquiera de **transmisión de información** en el mundo digital, la misma se procesa, organiza y almacena y vive en forma de **datos**, (*en plural, cuya mínima unidad es dato*). Pueden ser datos alfabéticos, numéricos, simbólicos o una combinación de ellos que se transmiten en forma de pulsos binarios en señales eléctricas.

En un sistema de comunicación de datos, tanto el/los emisor/es como el/los receptor/es “entienden” la información que intercambian en el mundo digital. Sin embargo en el canal de comunicación (“*en el camino*”) la misma puede ser de naturaleza analógica.

Empleamos sistemas de comunicación de datos cotidianamente, sólo algunos ejemplos de ellos son incluyen los siguientes dispositivos del mundo digital: (*computadoras, celulares, periféricos, cajeros automáticos*).



“USB” de [mohamedhassan](#) / CC01.0

Sobre este documento

“**Introducción a la comunicación de datos**” se produce en el contexto de la cátedra de Introducción a la Ingeniería en Telecomunicaciones I, de la carrera de Ing. en Telecomunicaciones, en la Universidad Nacional de Río Cuarto por Bibiana Rivadeneira.

Se encuentra bajo la licencia:



Este es un resumen legible por humanos (y no un sustituto) de la licencia. Advertencia.

Usted es libre de:

- **Compartir** – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** – remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.
- La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** – Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- No hay restricciones adicionales – No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

- [Introducción.](#)
- [Sobre este documento.](#)
 - [Breve reseña histórica.](#)
- [Codificación binaria.](#)
- [Tipos de transmisión de datos.](#)
 - [Transmisión de datos en serie.](#)
 - [Características principales.](#)
 - [Tipos de transmisión en serie.](#)
 - [Simplex.](#)
 - [Half Duplex.](#)
 - [Full Duplex.](#)
- [Ventajas.](#)
- [Desventajas.](#)
 - [Sincronismo.](#)
 - [Transmisión asíncrona.](#)
 - [Transmisión sincrónica.](#)
- [Estandar.](#)
- [RS-232.](#)
 - [Características eléctricas.](#)

- Características físicas y funcionales.
- Ejemplos de aplicación.
- USB.
 - Reseña.
 - Versiones USB.
 - Especificaciones técnicas.
 - Características eléctricas.
 - Características físicas y funcionales.
 - Tipos de conectores.
 - Enumeración.
 - Red USB.
 - Hub USB.
 - Enumeración.
 - Estado del arte.
 - USB 3.1.
 - USB 3.2.
- Transmisión de datos en paralelo.
 - Características principales.
 - Ventajas.
 - Desventajas.
 - Estandar.
 - Características físicas y funcionales.
 - Ejemplos de aplicación.
- Actualidad.
- Bibliografía.

Breve reseña histórica

El antecedente más antiguo de sistemas de comunicación de datos en la historia de las telecomunicaciones hace referencia al **telégrafo** y su sistema de codificación de puntos y rayas en código Morse, dando lugar a la primera comunicación de datos entre Baltimore y Washington D.C. en el año 1844.

El telégrafo evolucionó enormemente en menos de 10 años, con impresoras gráficas, multiplexación. Mientras que Marconi realizaba comunicaciones por radioDe la mano de Alexander Graham Bell **nació el teléfono**, a partir de tal hito para las telecomunicaciones los laboratorios Bell fueron cuna de los protagonistas de la comunicación digital, como la primera **computadora** especial.

La computadora se llevó a partir de allí todas las miradas, **IBM** la acercó a más usuarios y el mercado se encargó de que hoy coexistamos **más dispositivos electrónicos que humanos**, ante la necesidad de comunicar datos.

Como toda evolución y escalamiento de los sistemas de comunicación, y especialmente impulsado por la necesidad de que diferentes dispositivos del mundo digital intercambien información en forma de datos, de manera ordenada, se establecieron **estándares y protocolos de comunicación** (*reglas y consensos*).

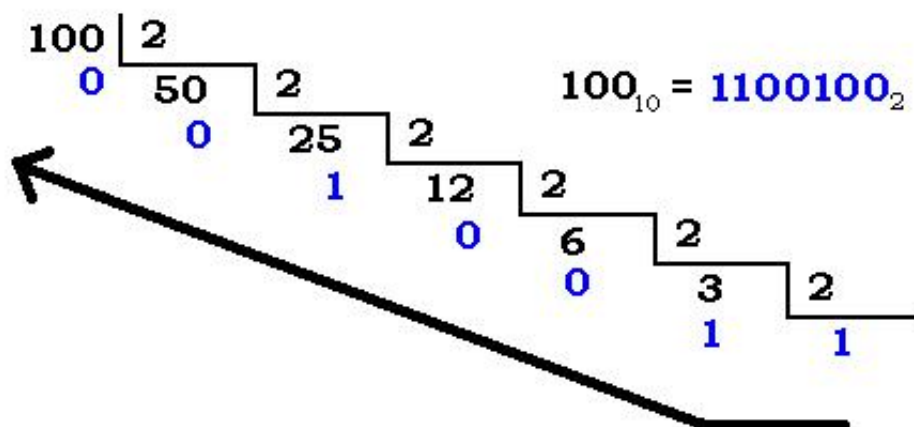
Codificación binaria

Haciendo referencia siempre al concepto más básico de comunicación, en el que dos **dispositivos**, en este caso electrónicos y del mundo digital, comparten un **canal de comunicación** e intercambian información entre si, dicha información se genera en el transmisor y es interpretada en el receptor en forma digital (*aunque en el canal de comunicación adquiera naturaleza analógica*).

El “*mensaje*” a enviar se encuentra codificado, es decir, es fragmentado y se le asigna a cada fragmento un **código**, por ejemplo, un **código binario**.

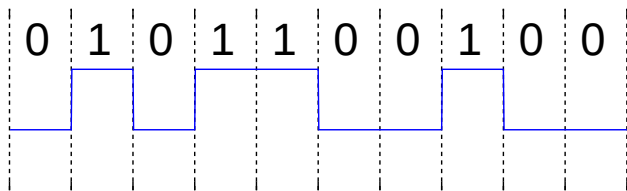
El sistema numérico binario posee base dos, ya que se compone de **dos dígitos**, 0 y 1, que combinados conforman el código correspondiente a elementos conocidos por humanos, como caracteres alfanuméricos. Uno de estos dígitos, que puede tomar dos posibles valores, 1 o 0, se denomina **bit**, los mismos se agrupan en **8 bits**, conformando así **1 byte**.

Ejemplo: 100 (*base decimal*) a binario (*base 2*).



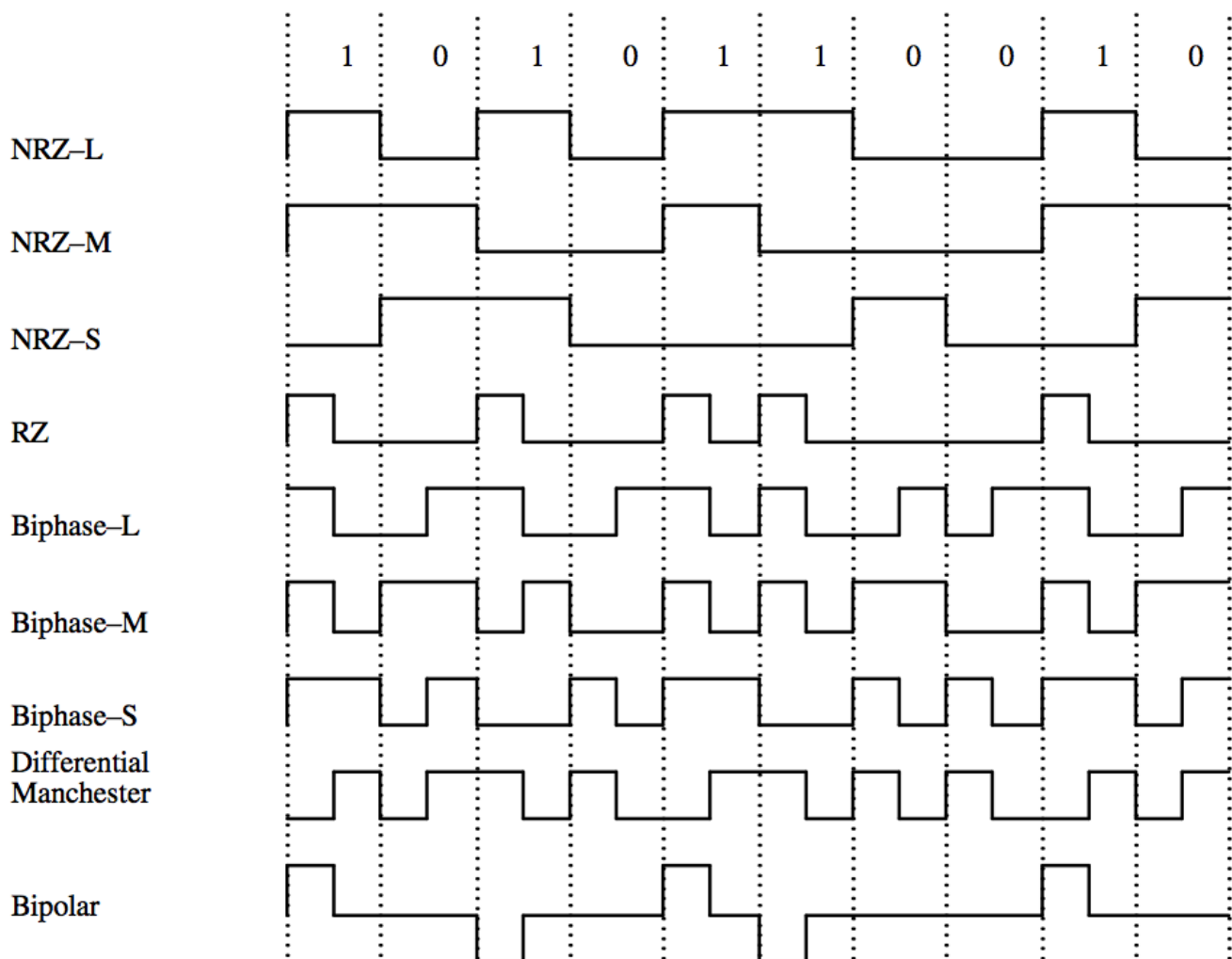
"Conversion" de Zerstreut / Public Domain.

Si se desea enviar el mensaje codificado de la imagen, el transmisor debe generar una **señal eléctrica**, pulsos de tensión no-nula para el 1 y nula para el 0, los mismos tienen una duración fija y pre-definida. El receptor debe interpretar los pulsos de tensión no-nula durante un determinado período como un 1 y los de tensión nula como un 0.



Señal binaria, “Original Message” de Zerodamage / CCbySA3.0

Un mismo conjunto de bits (*mensaje*) puede ser representado por diferentes **formas de onda** conformadas por pulsos eléctricos, según los niveles de tensión que adquiera la onda, según el tiempo de bit y el criterio con el que conmuta de un nivel de tensión a otro:



“Binary Line Code Waveforms” de jugandi / CCbySA4.0

donde...

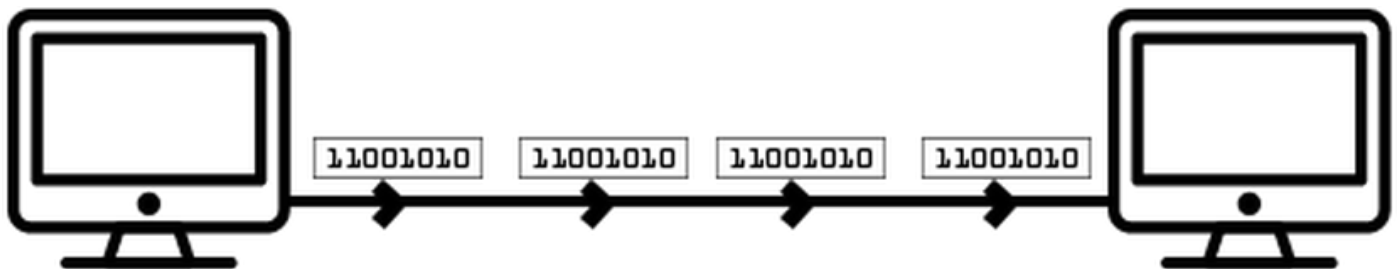
- **NRZ-L:** (*No retorno a cero*) Los posibles niveles de tensión son 0 y +V, representando el 0 y 1 respectivamente, el nivel de tensión adquirido por la señal **se mantiene constante** en el tiempo hasta detectar el siguiente bit, esto es **no retorna al nivel 0 de tensión**.

- **NRZ-M:** El nivel de tensión mantiene “*el último*” valor de bit y **no retorna a cero**, es decir **se mantiene constante hasta que el valor de bit tome el valor 1**, el valor de tensión de la forma de onda binaria **cambia al detectar un 1, se mantiene constante al detectar un 0**. (Este “cambio” de un valor de tensión al otro se denomina *flanco*).
- **NRZ-L:** Similar a NRZ-M con criterio de cambio al detectar un 0.
- **RZ:** Los valores de tensión adquieren +V y 0 según los bits toman los valores 1 y 0 respectivamente, durante **la mitad del tiempo de bit**, en el tiempo de bit restante **la señal retorna al valor 0 de tensión**.
- **Biphase-L:** Durante la mitad del tiempo de bit adquiere +V y 0 para un 1 y 0, respectivamente, durante el resto del tiempo de bit adquiere el valor restante de tensión.
- **Biphase-M:** Cambia de flanco al comenzar el tiempo de bit, luego de un tiempo igual a la mitad del tiempo de bit, cambia el flanco si detecta un 1, mantiene su valor si detecta un 0.
- **Biphase-S:** Similar a Biphase-M, cambia de flanco si detecta un 0, mantiene su valor si detecta un 1.
- **Bipolar:** Adquiere valores de tensión +V y -V para el 1 y 0 respectivamente, durante la primera mitad de tiempo de bit, durante el tiempo restante de bit retorna al nivel 0 de tensión.

Tipos de transmisión de datos

Supongamos que un dispositivo debe enviarle a otro un **mensaje**, cuya **codificación** en binario es: **11001010**, presentamos dos tipos de transmisión según la cantidad de canales o “*hilos*” disponibles:

Transmisión de datos en serie



Transmisión de datos en serie.

Los datos se transmiten en un solo hilo de manera secuencial “*uno detrás de otro*”.

Características principales

En una transmisión en serie (o “*serial*”) los bits que conforman el mensaje se envían **uno a uno** por un único hilo o canal de comunicación.

Costo: Este tipo de transmisión de datos requiere un solo hilo, línea o cable, lo que la torna un modo de

comunicación sencillo.

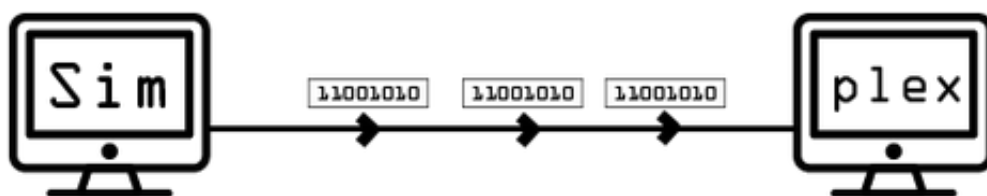
Velocidad: Siendo t_{bit} el tiempo de duración de un bit, para la transmisión de un byte (8 bits) se requiere un tiempo de transmisión $T_{\text{TX}} = 8t_{\text{bit}}$.

Alcance: Es posible transmitir datos a grandes distancias en conductores de par de cobre.

Tipos de transmisión en serie

Se pueden diferenciar además tres tipos de transmisión en serie, según la/s dirección/es en las que es posible la transmisión:

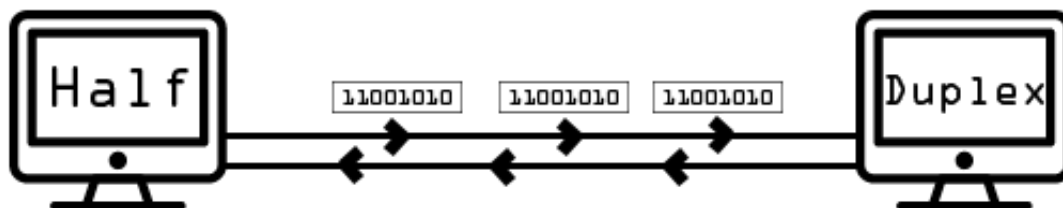
Simplex



Transmisión de datos en serie Simplex

La transmisión se realiza **en un sólo sentido**, de "Sim" a "plex", es decir que "plex" sólo recibe información proveniente de "Sim" y no le es posible responder. Por ejemplo la información que le envía el teclado al procesador de una computadora.

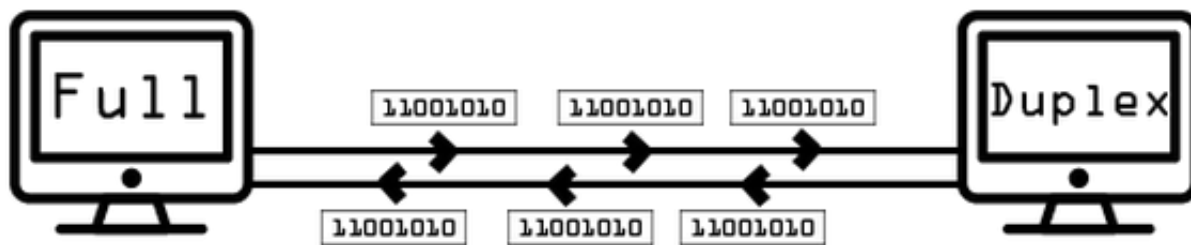
Half Duplex



Transmisión de datos en serie Half Duplex

Es posible transmitir **en ambos sentidos**, pero **no simultáneamente**, esto es, mientras "Half" envía información a "Duplex", "Duplex" debe *esperar* disponibilidad del canal. Por ejemplo un par de Walkie talkies.

Full Duplex



Transmisión de datos en serie Full Duplex

La comunicación se realiza en **ambos sentidos** y de manera **simultánea**. Ejemplo: comunicación telefónica.

Ventajas

- **Costo:** Se trata de un modo de transmisión de bajo costo respecto a la transmisión en paralelo, dado que requiere sólo un canal, hilo o cable para enviar la información.
- **Alcance:** Permite transmisiones de gran alcance a través de líneas telefónicas convencionales, frente a la transmisión en paralelo.
- **Estandarización:** Existen normas universalmente aceptadas para cada detalle de la comunicación en serie, para los aspectos mecánicos, eléctricos, lógicos, etc. Esto inclina a los fabricantes a elegir este tipo de comunicación.

Desventajas

- **Velocidad:** La velocidad de transmisión es N veces más lenta que la transmisión en paralelo, siendo N la cantidad de hilos disponibles para la comunicación en paralelo, en términos de tiempos el tiempo de transmisión en serie $t_{\text{serie}} = N t_{\text{paralelo}}$.
- **Sincronismo:** Si el receptor recibe una secuencia de bits en forma de señales eléctricas, una detrás de otra, si pensamos en dos 1 o dos 0, e incluso dos mensajes distintos consecutivos, se requieren métodos de sincronismo que permitan al receptor detectar correctamente el inicio y fin de un mensaje, de un byte, de un bit.

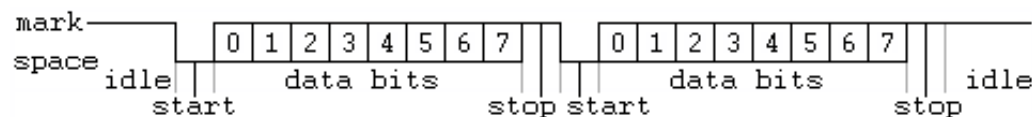
Señal de clock: se trata de una señal eléctrica que cambia de un estado alto (+V) a uno bajo (-V o 0) a una frecuencia (*período*) a la que se desea el sincronismo.

Sincronismo

Al observar las formas de onda NRZ en [imgbin], se observa también una dificultad o inconveniente al diferenciar dos bits en 1 consecutivos, así como dos mensajes recibidos simultáneamente. Esto advierte la necesidad de conocer el **inicio** y **fin** de un bit, de un byte (*caracter*) o de un bloque, para una correcta comunicación. Para ello existen dos formas:

Transmisión asíncrona

No se emplean señales “*de clock*”, sino un bit al inicio y fin de cada conjunto de bits que se desea diferenciar en la detección, por ejemplo **bits en 0 al inicio** de un conjunto de 8 bits y **bits en 1 al final del mismo**, para lo que se requieren bits extra además de la información.



“*Puerto serie Rs232*” de [Plugwash](#) / Public Domain

Transmisión sincrónica

Las señales *de clock* de transmisor y receptor deben estar sincronizadas, es decir, oscilar a la misma frecuencia. No se emplean bits de inicio o fin de bloques sino algunos bits de sincronismo que, al ser detectados por el receptor **sincronizan** su clock con el del transmisor. Este método permite una velocidad superior de comunicación frente a la asincrónica, dado que no debe reservar bits de inicio y fin, en cambio son de información.

Estandar

Como todo método de comunicación que involucra muchos y diferentes dispositivos, así como diferentes fabricantes y usuarios, inevitablemente es regido por reglas universalmente aceptadas o estandares.

RS-232

La norma **EIA RS-232-C** es la más ampliamente aceptada para transmisión de datos en serie, define características eléctricas, físicas y funcionales de las interfaces de comunicación en serie así como “sub-estándares” para aplicaciones específicas.

Características eléctricas

En la transmisión de datos en serie bajo el estandar RS-232 se emplean señales eléctricas binarias que se envían secuencialmente, (*sincrónicas o no*), además de los bits de información y/o sincronismo, se define una cantidad fija de datos de control que se generan en el transmisor.

Niveles de tensión:

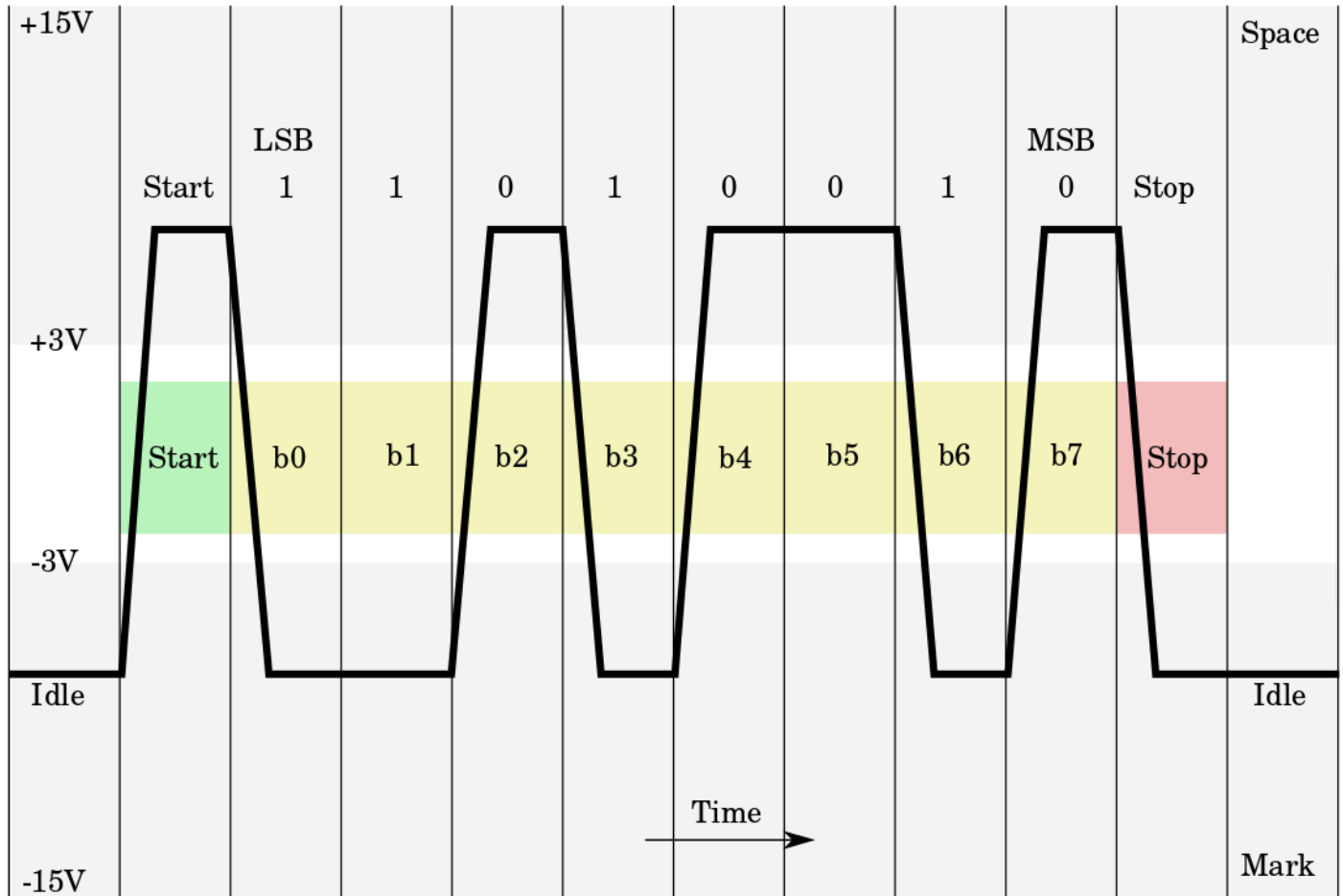
Transmisor:

- **Bit en 0:** [+3, +15] Volt

- **Bit en 1:** [-3, -15] Volt

Receptor:

- **Bit en 0:** [+3, +25] Volt
- **Bit en 1:** [-3, -25] Volt

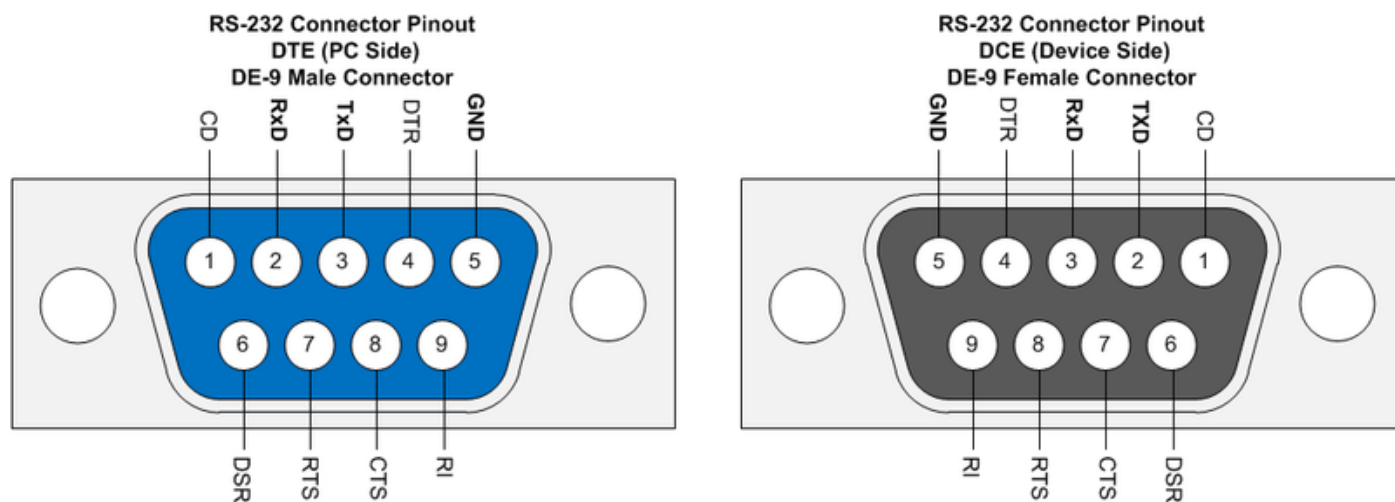


"Rs232 oscilloscope trace" de Ktnbn / Public Domain

Características físicas y funcionales

Conector: La norma recomienda conectores de 25 pines y 21 señales, como el conector Db25. Sin embargo, dependiendo de la comunicación y funciones necesarias, se emplean grupos de 3, 5, 7 o 9 señales.

... sin embargo un conector con una menor cantidad de pines según sus funciones es correcto, como el conector DE9:



"RS-232 Standard 9 pin (DE-9) connector pinouts" de Cody.hyman / CCbySA3.0

Ejemplos de aplicación

La transmisión de datos en serie se encuentra en la mayoría de las comunicaciones entre los dispositivos actuales, sólo algunos ejemplos son:

- **Bus SATA** de comunicación en computadoras.
- **Ethernet** en redes de información.
- **USB** en periféricos como mouse, teclado, impresora.

USB

USB: (*Universal Serial Bus*), es un bus de expansión externa que actualmente conecta, comunica y provee alimentación eléctrica a la mayoría de nuestros dispositivos electrónicos.

Su desarrollo nace de la necesidad de economizar y estandarizar los protocolos de comunicación de los periféricos (*mouse, teclado, impresora, teléfono celular, cámara, memoria, joystick, etc*).

Reseña

Las versiones **0.7, 0.8, 0.9 y 0.99** se desarrollaron entre los años 1994 y 1996, la versión **1.0** llega en este mismo año y su desarrollo es impulsado por un conjunto de empresas del rubro entre las que se encontraban Intel, Microsoft, IBM, Compaq, DEC, NEC y Nortel, conformando el [USB-IF \(Foro de Implementación de USB\)](#). Fue hasta la versión **1.0** que se logró un uso masivo.

Versiones USB

Versión	Características	Velocidad
1.0	Empleado en dispositivos de interfaz humana como mouse, teclados y cámaras. Halfduplex.	hasta 1,5 Mbit/s
1.1	Implementa un algoritmo de división de ancho de banda. Halfduplex.	hasta 12 Mbit/s
2.0	Además de las dos líneas de datos, cuenta con dos líneas de alimentación. Halfduplex.	hasta 480 Mbit/s
3.0	La versión más velóz en la actualidad, incluye cinco contactos adicionales. Fullduplex. Activa etapa de bajo consumo cuando el dispositivo está en desuso.	hasta 4,8 Gbit/s

Especificaciones técnicas

Cada versión de USB corresponde a un protocolo de comunicación de datos en serie que especifica aspectos eléctricos, físicos y funcionales del mismo.

Características eléctricas

Las señales eléctricas en USB hasta la versión **2.0** inclusive se interpretan en modo diferencial, es decir que el nivel de voltaje se determina con la diferencia en Volt entre una línea y la otra. lo que reduce el ruido. En el caso de la versión **3.0** se emplean dos líneas de transmisión adicionales para comunicación fullduplex.

los niveles de tensión son como sigue:

- **Bit en 0:** [+0, +0,8] Volt
- **Bit en 1:** [+3, +3,6] Volt

Características físicas y funcionales

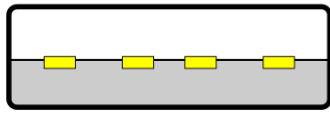
La información en un Universal Serial Bus viajan en un par trenzado.

Los cables USB tienen una limitación aproximada de **3 metros** de largo.

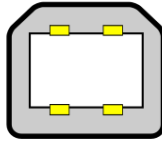
Tipos de conectores

Se emplean diferentes tipos de conectores:

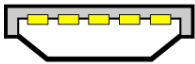
USB 1.1 – 2.0



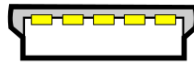
A



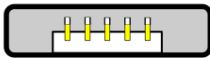
B



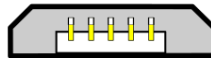
Mini-A



Mini-B

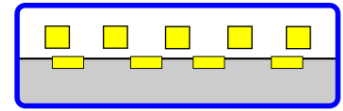


Micro-A

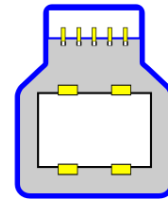


Micro-B

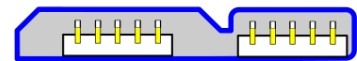
USB 3.0



A



B



Micro-B

“Perfiles de los conectores USB 2.0 y 3.0” de Milos.bmx / CCbySA3.0

Los dispositivos USB 3.0 se pueden conectar en conectores USB 2.0 y viceversa, si es de tipo A. Si es de tipo B o micro-B, los dispositivos USB 2.0 se pueden conectar en conectores USB 3.0, pero no al revés.

Enumeración

Al conectar un dispositivo USB a un host (*ejemplo la PC*), este lo detecta e inicia un proceso mediante el que obtiene información para enumerar al dispositivo. El host “le pide” al dispositivo que se presente y “le pregunta” características como:

- Consumo de energía expresada en unidades de Carga.
- Número y tipos de Puntos terminales.
- Clase del producto.
- Tipo de transferencia

Habiendo intercambiado esta información, el host asigna al dispositivo una numeración.

Red USB

Una red USB está formada por dos o más dispositivos conectados a un mismo nodo.

Hub USB

Un *HUB* (*concentrador*) USB, permite la conexión de dos o más dispositivos USB, de manera que se puede ampliar la cantidad de dispositivos USB conectados a un mismo puerto hembra.



“Hub USB” de brivadeneira / CC BY SA 4.0

Se puede extender además la longitud de los cables de **3 a 10 metros** de largo.

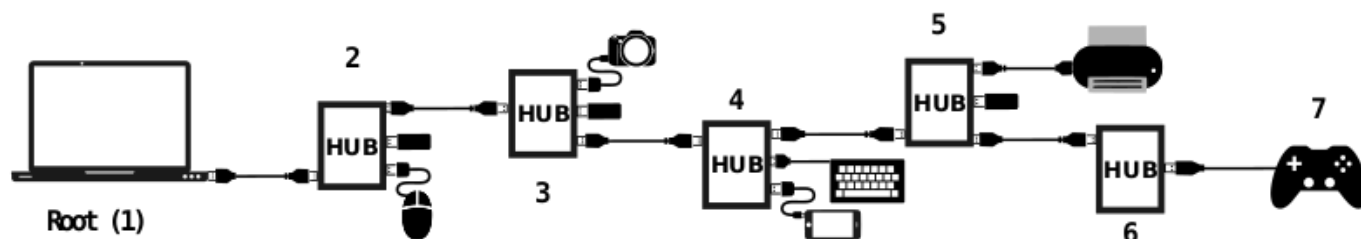
Un HUB puede ser:

- **Activo:** Obtiene energía eléctrica de una fuente externa para distribuir a los dispositivos USB que se concentran en él.
- **Pasivo:** Obtienen toda la energía desde el puerto USB principal.

Enumeración

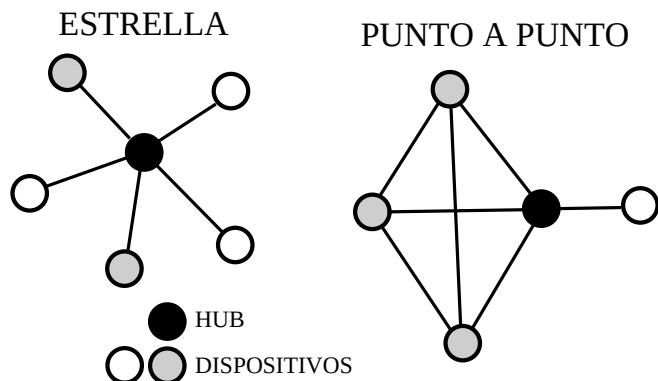
Cuando un dispositivo se

Una red USB puede extenderse a un **máximo de 127 dispositivos**, y funciona correctamente hasta **7 capas desde el root HUB**.



"Hub USB" de brivadeneira / CC BY SA 4.0

En la imagen se puede observar una topología del tipo "árbol", otras disposiciones para una red conectada con un **hub** son:



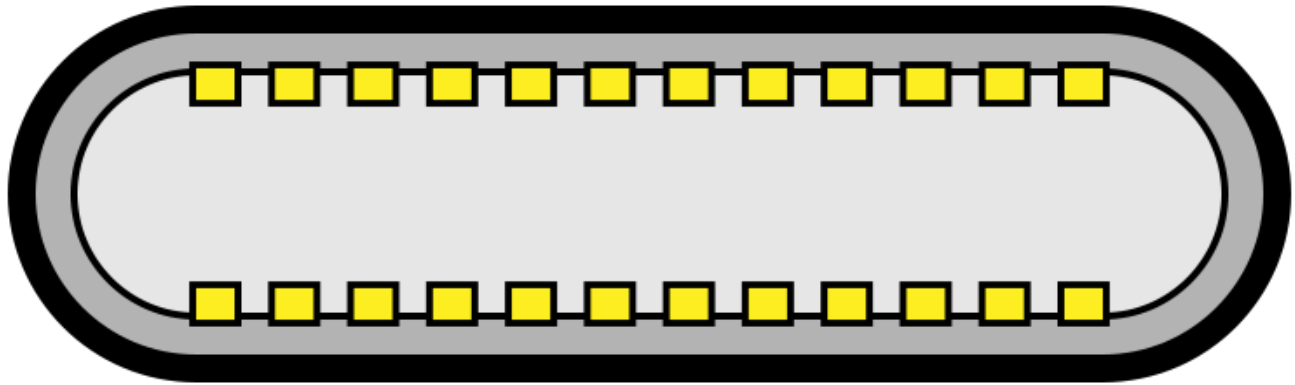
"IEEE 802.15.4 Topology for star and peer-to-peer" / Public Domain

Estado del arte

A continuación se mencionan estandares y características contemporáneos así como venideros sobre la comunicación de datos.

USB 3.1

La versión **3.1** del estandar especifica velocidades de hasta **10 Gbit/s** y el conector "tipo C" reversible que se usará a ambos extremos del cable.



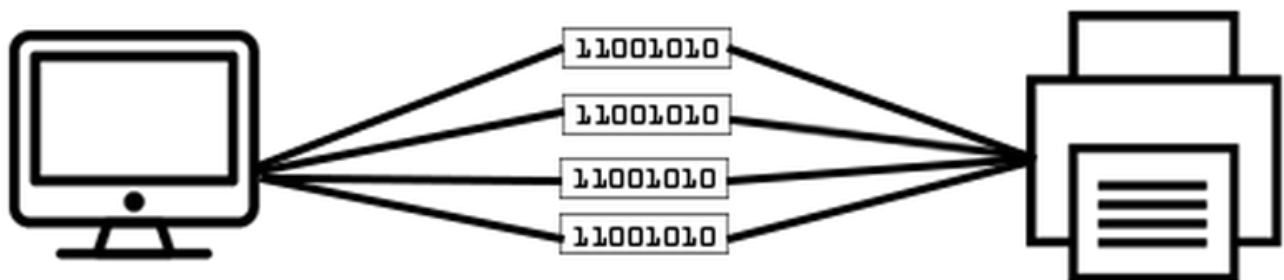
Type-C

"USB Type C" de Andreas Pietzowski / CCbySA3.0.

USB 3.2

Estandar publicado en 2017 que se implementará en **2019** y permitirá velocidades de transferencia de hasta **20 Gbit/s**, empleando el conector "Tipo C".

Transmisión de datos en paralelo



Transmisión de datos en paralelo.

En este caso se dispone de más un hilo para transmitir (*el número de hilos es potencia de 2, $2^3=8$, $2^4=16$, $2^5=32$, etc*), en el caso de la figura se transmite el mismo mensaje que en el ejemplo de transmisión en serie, por los cuatro hilos disponibles a la vez.

Características principales

En una transmisión de datos en paralelo se envían **n bits**, donde n es la cantidad de hilos disponibles, luego se produce una “pausa”, es decir se deja pasar un determinado tiempo sin transmitir bits, y un conjunto de **n bits** nuevamente.

Costo: El circuito de transmisión requiere una cantidad n de hilos de transmisión.

Velocidad: Siendo t_{bit} el tiempo de duración de un bit (*un 0 o un 1*), un sistema de transmisión de datos en paralelo puede transmitir n bits al cabo de un t_{bit} , recordando que n es la cantidad de hilos, canales o cables disponibles.

Alcance: Transmitir datos en paralelo tiene una limitación de distancia del orden de algunos metros, además de reportar costos superiores de manera proporcional a la distancia.

Ventajas

- **Velocidad:** La transmisión en paralelo es significativamente superior al modo de transmisión en serie, dado que se envían **n** bits por vez, donde **n** es la cantidad de canales o hilos.

Desventajas

- **Costo:** El circuito necesario para transmitir en paralelo es más complejo que en el caso de transmisión en serie, ya que se requieren **n** canales o hilos de transmisión, lo que implica un mayor costo.
- **Alcance:** El alcance para transmisión en paralelo está limitado por una distancia en orden de algunos metros, sin mencionar que un mayor alcance reporta mayor costo.

Estandar

Uno de los estándares más empleados para la transmisión de datos en paralelo es **IEEE 1284**, para la comunicación con antiguos periféricos como impresoras.

Características físicas y funcionales

En la norma IEEE 1284 se definen 17 líneas de señal y 8 líneas de tierra, dispuestas como sigue:

Función	Cantidad de líneas	Descripción
Control	4	Control de la interfaz y señalización de establecimiento de comunicación.
Estado	5	Señalización de establecimiento de conexión y como indicador de estado.
Datos	8	Información a transmitir.

Ejemplos de aplicación

Nos encontramos con transmisión de datos en paralelo cuando son necesarias **altas velocidades** y la comunicación se lleva a cabo en distancias cortas, en antiguos sistemas de comunicación, por ejemplo:

- Bus de comunicación dentro de una computadora:
 - ATA (*fue reemplazado por SATA*).
 - PCI (*fue reemplazado por PCIe*).

Actualidad

Si bien la transmisión de datos primitiva en paralelo casi no se encuentra en transmisiones entre dispositivos actuales, las comunicaciones más veloces (en serie) se realizan bajo el concepto de transmisión de datos en paralelo, esto es, se dispone de **N** canales o hilos de transmisión sobre los que se envía información de manera simultánea, pero en cada uno de ellos la transmisión es en serie.

Cabe mencionar la importancia de la comunicación en paralelo como una base, si se quiere, para los procesos de **multiplexación**, es decir para enviar diferentes señales de información (*mensajes*), de manera simultánea. Teniendo en cuenta que el objetivo primordial que se persigue en las comunicaciones es el de **enviar la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible**.

Bibliografía

- Tomasi, Wayne. (2003). [Sistemas de comunicaciones electrónicas](#). México: Prentice Hall.
- Vicerrectorado de investigación [Introducción a la Ingeniería en Telecomunicaciones](#). Lima, Perú: Tins Básicos.

