

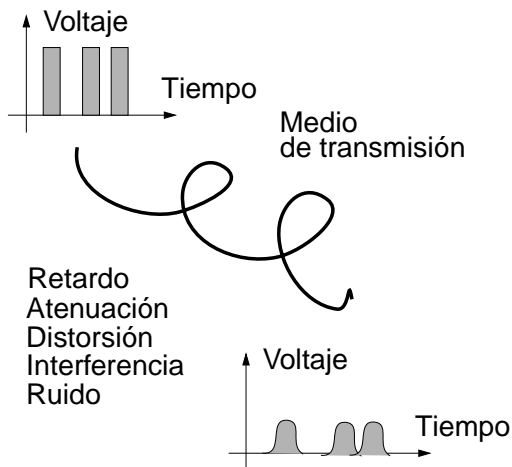
Tema 1: Transmisión de datos

Medios de transmisión  
 Modulación y codificación  
 Entramado de la información  
 Codigos de control de errores

Tema 1: Transmisión de datos

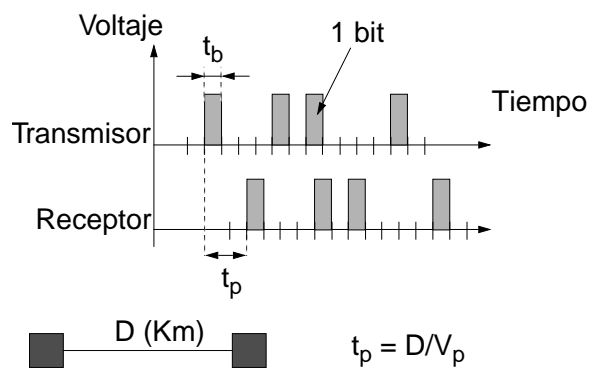
Medios de transmisión  
 Modulación y codificación  
 Entramado de la información  
 Codigos de control de errores

Medios de transmisión



Par de hilos, par trenzado (UTP,STP)  
 Cable coaxial  
 Fibra óptica (monomodo, multimodo)  
 Medios no guiados

Retardo de propagación



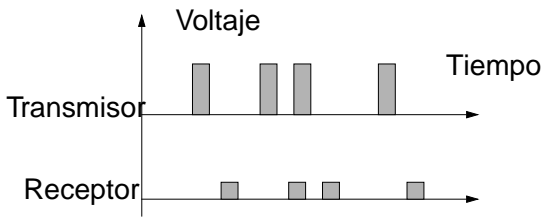
$V_p =$  Vel. de propagación (200.000 Km/s)

Ejemplo:  $D = 20 \text{ mt} \Rightarrow t_p = 0.1 \mu\text{s}$   
 $D = 2 \text{ Km} \Rightarrow t_p = 10 \mu\text{s}$   
 $D = 2.000 \text{ Km} \Rightarrow t_p = 0.01 \text{ s}$

$V_t =$  Vel. de transmisión (bps);  $t_t = L/V_t$

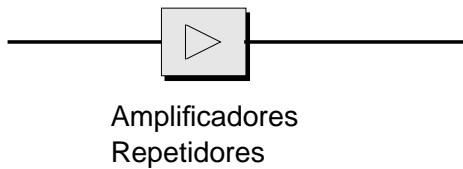
Ejemplo:  $L = 1 \text{ Kb}; V_t = 1 \text{ Kbps} \Rightarrow t_t = 1 \text{ s}$   
 $L = 1 \text{ Kb}; V_t = 1 \text{ Mbps} \Rightarrow t_t = 1 \text{ ms}$   
 $L = 1 \text{ Kb}; V_t = 1 \text{ Gbps} \Rightarrow t_t = 1 \mu\text{s}$

Atenuación

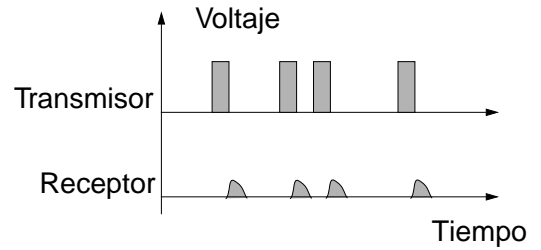


La atenuación depende del tipo de medio de la distancia entre el Tx. y el Rx y de la velocidad de tx. de la señal

La atenuación se suele expresar en forma de logaritmo (Decibelio)



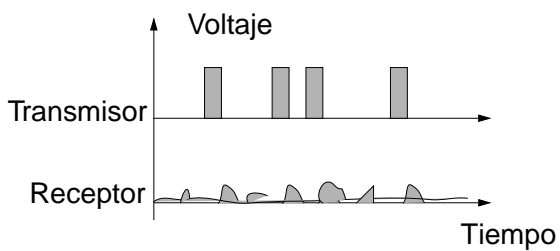
Distorsión



La distorsión que sufre una señal depende del tipo de medio utilizado y depende de la anchura de los pulsos

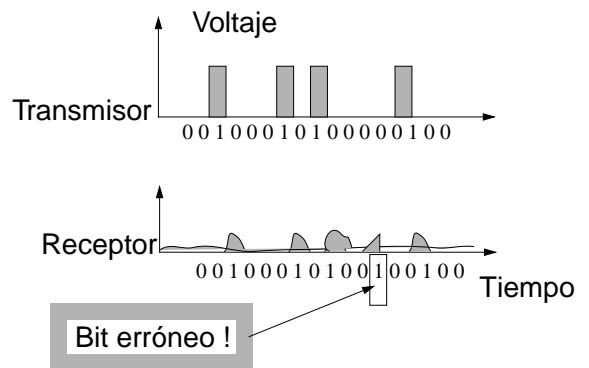
Para cuantificar su efecto se utiliza el concepto de Ancho de Banda de la señal y de Banda Pasante del medio

Interferencia y ruido



La interferencia está causada por señales de otros sistemas de comunicación que son captadas conjuntamente a la señal propia

El ruido viene provocado por causas naturales (ruido térmico) o por interferencias de otros sistemas eléctricos (ruido impulsivo)



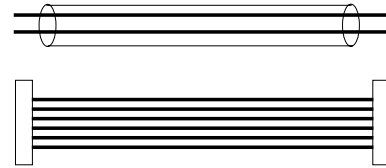
Los fenómenos de distorsión, interferencia y ruido pueden causar errores en la recepción de la información.

Los medios de transmisión se caracterizan por tener una velocidad de transmisión de la información máxima, a partir de la cual la cantidad de errores que introducen es demasiado elevada (Capacidad del canal).

Tipos de medios de transmisión

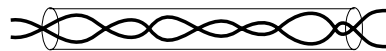
- Par de hilos y pares trenzados
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Satélite, radioenlace, tx. inalámbrica

Par de hilos y pares trenzados



Distancias < 50 m (aprox.)  
Velocidades < 19.2 Kbps (aprox.)

Par trenzado:



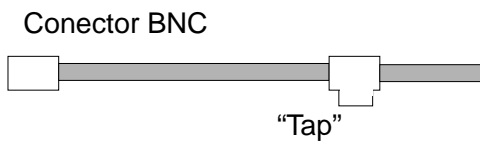
UTP : ("Unshielded Twisted Pair")  
STP : ("Shielded Twisted Pair")

Distancias < 100 m (aprox.)  
Velocidades < 1 Mbps (aprox.)

Cable coaxial



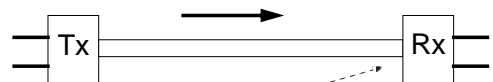
Distancias : varios cientos de metros  
Velocidades: decenas de Mbps



Fibra óptica



Distancias: varios kilómetros  
Velocidades: varios Gbps

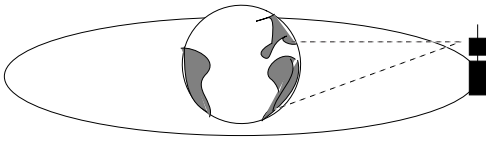


Conversión optoelectrónica  
(fotodiodos o fototransistores)

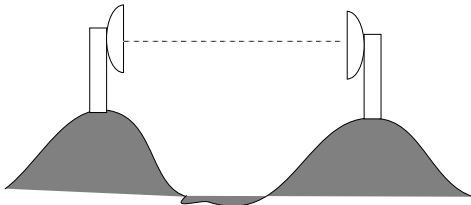
Conversión Electro-óptica  
(diodos LED, laser)

Fibras multimodo (apl. locales)  
Fibras monomodo (larga distancia)

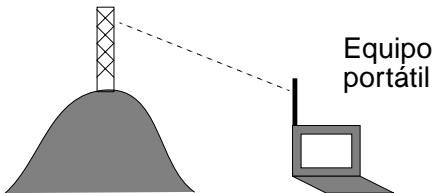
Satélite



Radioenlace



Tx. Inalámbrica



Tema 1: Transmisión de datos

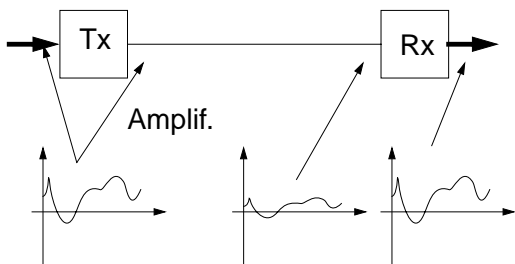
Medios de transmisión

Modulación y codificación

Entramado de la información

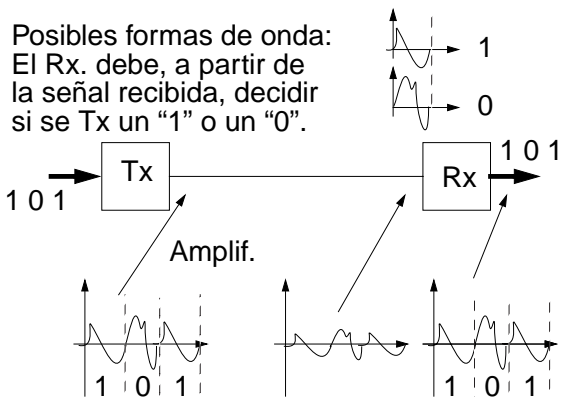
Codigos de control de errores

Transmisión analógica

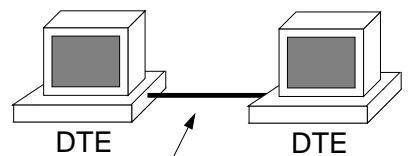


Transmisión digital

Posibles formas de onda: El Rx. debe, a partir de la señal recibida, decidir si se Tx un "1" o un "0".



Comunicación local



RS-232  
Cableado con anulador de módem

Distancias máximas de varias decenas de metros

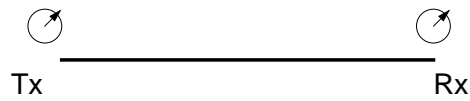
Conexión punto a punto

Señales RS-232:

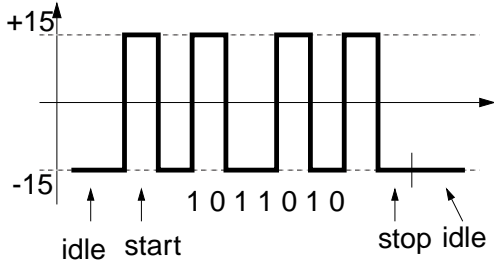
Transmisión: Tx, Rx, GND

Control: RI, DTR, DSR, DCD

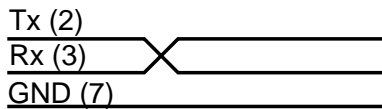
Problema: ¿cómo ajustar los relojes?



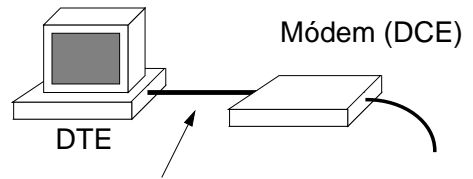
Transmisión asíncrona



Cableado anulador de modem simple



Modulación y codificación



Interfaz DTE/DCE (ej: RS-232)

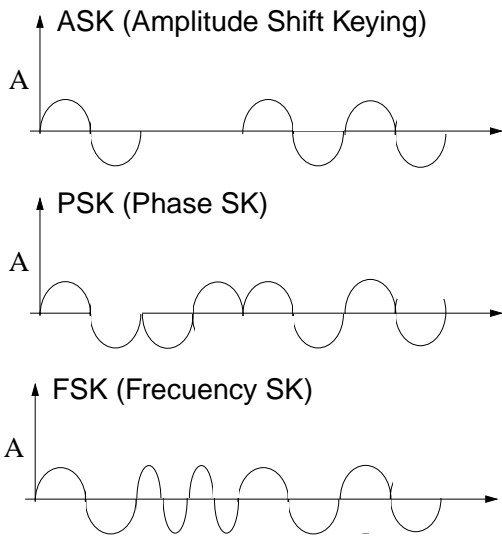
La función del módem es adecuar la forma y amplitud de la señal que sale del DTE para su transmisión por el medio de físico (modulación) así como el proceso inverso (demodulación) en el otro extremo del circuito.

Distinguimos entre:

- Modulación digital
- Codificación digital

Modulaciones digitales:

Se utilizan en la transmisión por líneas telefónicas analógicas.

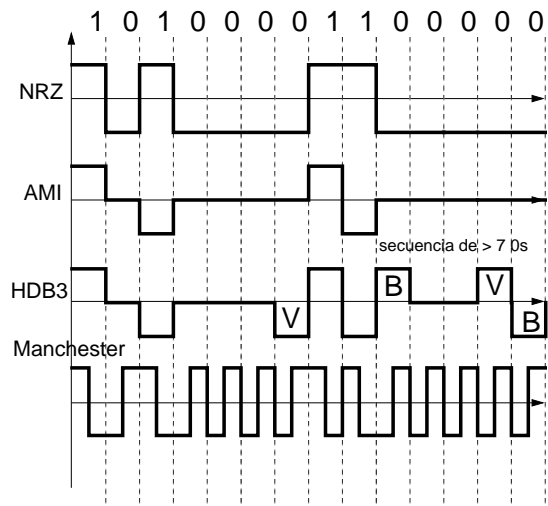


Combinaciones (QAM: PSK+ASK)

Codificaciones digitales:

Se utiliza en la transmisión por líneas digitales (RDSI, LANs, etc).

Problemas: Pérdidas de sincronismo y componentes continuas



Los códigos mBnL agrupan m bits y los codifican con n símbolos de L niveles.

Ejemplo, 4B3T:

0001 -> 0-+ -> 0-+ -> 0-+ -> 0-+  
 0101 -> 0++ -> -00 -> -00 -> -00

etc...

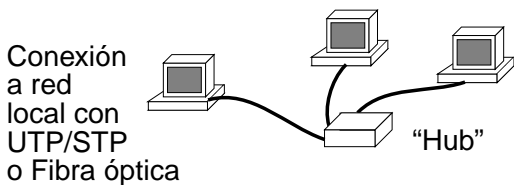
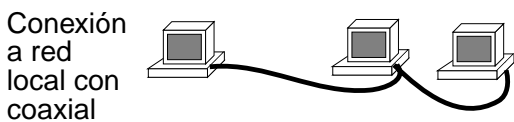
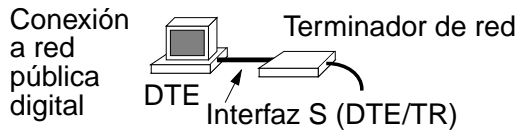
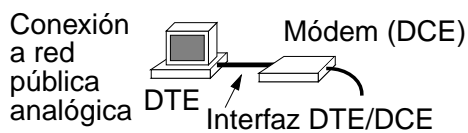
0001 0101 0001 0101 1001 1001...

se codifica como:

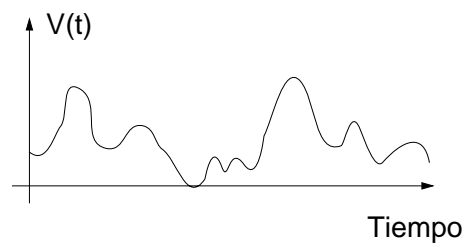
0-+ -00 0-+ -00 ++ ++ ...

### Codigo 4b5b (Peterson)

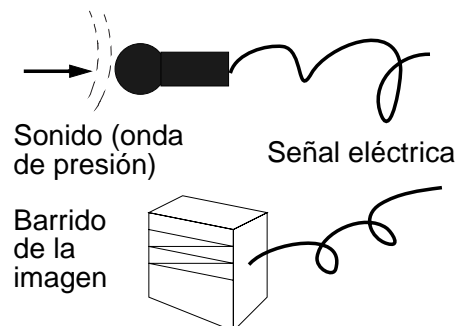
### Ejemplos de sistemas de tx. de datos

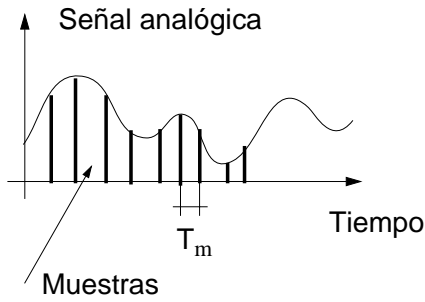


### Conversión analógico-digital



Señal analógica (ejemplo: voz, imagen)





$T_m$  : Periodo de muestreo (s).

$f_m$  : Frecuencia de muestreo (Hz)

Podemos recuperar la señal analógica a partir de sus muestras si se cumple:

$$f_m = 2 BW$$

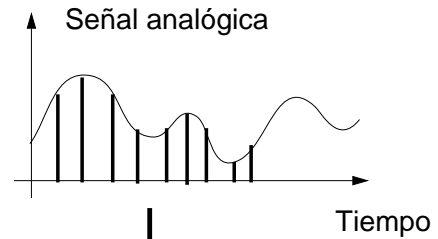
Tema 1: Transmisión de datos

- Medios de transmisión
- Modulación y codificación
- Entramado de la información
- Codigos de control de errores

Las muestras son valores reales (ej. 0.3456 V, 0.67566 V, etc..).

Para su transmisión digital se debe representar cada muestra mediante un número finito de bits (cuantificación).

Cuanto más bits dediquemos a representar cada muestra, mayor fidelidad tendremos en la reconstrucción de la señal analógica original.

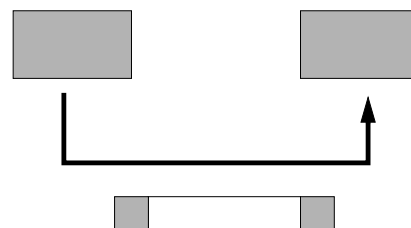


001 101 001 010 010 011 001 010 ...  
Señal digital

### Formatos de trama

Los protocolos de comunicaciones se intercambian bloques de información en los que se añade a la información que intercambian los usuarios, información de control necesaria para llevar a cabo ciertas funciones.

Estos bloques de información reciben diferentes nombres dependiendo del protocolo involucrado (tramas, paquetes, segmentos, datagramas, células, etc)

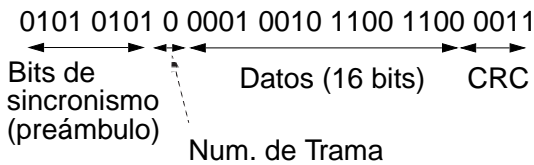


### Formatos de trama

Cuando definimos un formato de trama debemos tener alguna forma de delimitar el tamaño de cada campo de la trama

Además, las tramas que se transmiten incorporan una serie de bits que sirven para que el receptor se sincronice

Ejemplo:



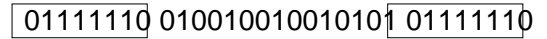
En este caso todos los campos tienen una longitud fija.

Tema 1: Transmisión de datos

- Medios de transmisión
- Modulación y codificación
- Entramado de la información
- Codigos de control de errores

Para delimitar campos que tienen un tamaño variable existen varias técnicas:

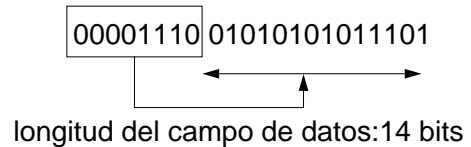
### Uso de delimitadores de principio/fin



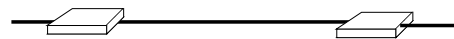
“Bit stuffing”: ¿Qué pasa si en el campo variable queremos transmitir la secuencia “01111110”?

Solución: Después de 5 1s consecutivos el Tx. inserta un 0. Cuando el Rx. recibe 5 1s consecutivos seguidos por un 0, elimina ese 0

### Indicador de longitud en bits o en bytes



### Control de errores



En la transmisión por el medio físico se produce distorsión + ruido+ interferencia que se traduce en la aparición de errores...

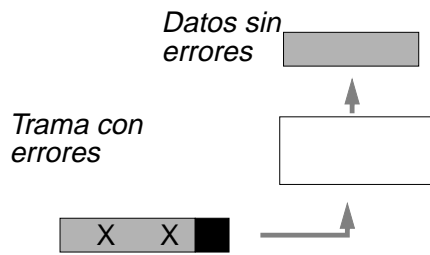
Queremos solucionar este problema de forma que el canal aparezca como “libre” de errores.

Debemos usar un protocolo que nos permita emular un canal libre de errores



Existen dos posibles estrategias para luchar contra los errores:

- Enviar, junto con la información de datos, unos bits de redundancia que nos permitan *corregir* los posibles errores en la transmisión.

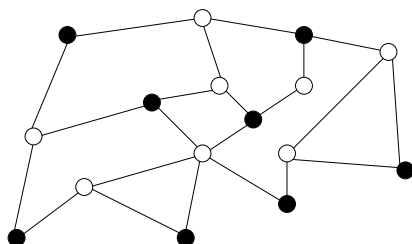


Distancia de Hamming.

Distancia de Hamming entre dos vectores de bits: Numero de bits en que difieren.

Ej:  $v=100110$ ,  $w=101111$ , la distancia de Hamming entre  $v$  y  $w$  es 2.

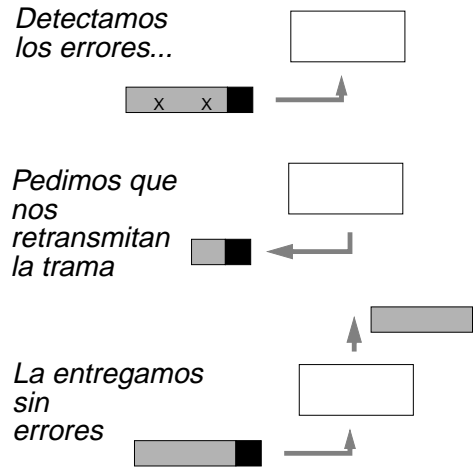
Distancia de Hamming de un código: Mínima distancia entre las palabras del código (ej: Distancia del código=2).



- Enviar, junto con la información de datos, unos bits redundantes que permitan *detectar* la aparición de errores. Una vez detectados estos errores, pedimos al transmisor que *retransmita* la información que nos ha llegado con errores.

**(ARQ, Automatic Request)**

Los veremos con detalle en el tema 4.



Cómo detectar los errores:

Bit de paridad:

Forzamos que el número de 1s sea PAR (por ejemplo):

1001 1000 1110 0000 0

Si en la recepción se produce un error en 1 bit (o en 3 bits, etc) dejará de cumplirse lo anterior...

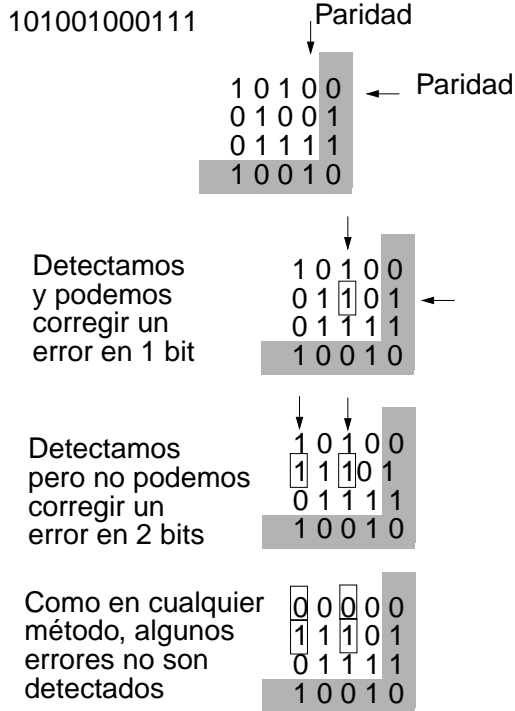
1001 1001 1110 0000 0

y podemos detectar el error (pero NO localizar en donde se ha producido).

Notar que no podemos detectar la aparición de 2, 4, 6, etc errores:

1001 1001 1110 0100 0

Paridad logitudinal (LRC):



Códigos de redundancia cíclica (CRCs)

Interpretamos una cadena de bits como un polinomio

00010010 ->  $P(x) = x^4 + x^1$

101 ->  $Q(x) = x^2 + x^0$

Si queremos transmitir una cadena de bits P(x) y añadirle r=3 bits de redundancia dados por el polinomio Q(x) tendremos...

00010010 101 =  $P(x)x^r + Q(x)$

↖                      ↖

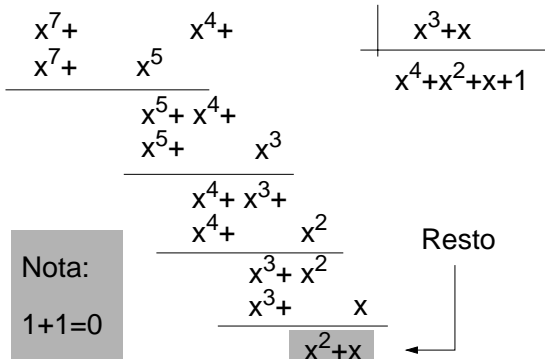
Mensaje                      Redundancia

En el caso de usar un código CRC los bits de redundancia Q(x) se escogen de la siguiente forma:

Elegimos un polinomio de grado r G(x). Por ejemplo,

$G(x) = x^3 + x^1$

El transmisor calcula Q(x) como el resto de la división de  $P(x)x^r$  y G(x):



El transmisor envía el mensaje

$P(x) x^r - Q(x) = P(x) x^r + Q(x)$

00010010 110

El receptor hace la división del mensaje recibido por el mismo polinomio G(x).

Si NO hay errores, el resto de la división debe ser 0.

Si el resto de la división NO vale 0, entonces hay errores.

NOTA: Nuevamente, algunos errores no pueden ser detectados

Ejemplo:

00010011 110 -> Resto: x => ERROR

00010011 100 -> Resto: 0 => ERROR  
no detectado

En la práctica se usan polinomios G(x) estandarizados, escogidos por sus favorables propiedades a la hora de detectar los errores:

CRC-16:  $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

CRC-32:  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Este método es fácil de implementar en Hardware, con registros de desplazamiento y puertas XOR.

Checksums

Método software (IP, TCP, UDP, ..)

$$\text{Checksum} = - \sum_i \text{Datos}_i$$

