

## Teoria dell'informazione

L'informazione può essere o un suono o una immagine o un insieme di dati; per poterla utilizzare nelle telecomunicazioni occorre convertirla in un segnale elettrico. Il segnale elettrico viene poi amplificato e trasmesso a grandi distanze. Essendo in numero molto grande i produttori di informazioni occorre gestire in modo ottimale il sistema di telecomunicazioni, in modo da ottenere una gestione efficiente delle risorse, dove efficienza vuol dire raggiungere lo scopo voluto con il minimo delle risorse impiegate.

Nel trasmettere una informazione si possono risparmiare risorse se si mandano i dati una sola volta e poi questi vengono memorizzati dal ricevitore per un successivo utilizzo; inviare numerose volte sempre lo stesso dato costituisce un grande spreco di risorse e va quindi evitato.

La quantità minima di informazione è il bit, cioè uno zero o un 1, inteso sia come livello logico di informazione, sia come livello elettrico di segnale. Con un solo bit riusciamo a trasmettere due informazioni: 0 oppure 1; con due bit possiamo trasmettere 4 informazioni, cioè:

00
01
10
11

quindi  $2^2 = 4$  informazioni.

Con tre bit riusciamo a trasmettere 8 informazioni, cioè:

000
001
010
011
100
101
110
111

quindi  $2^3 = 8$  informazioni.

In generale con  $n$  bit trasmetto  $2^n$  informazioni.

Per risparmiare risorse occorre ridurre il numero di bit necessari per trasmettere tutti i dati conosciuti dal trasmettitore; sono stati fatti degli studi in modo da calcolare il valore minimo di bit necessari per la trasmissione.

### **Trasmissione in banda base**

La trasmissione di un segnale può avvenire in due modi fondamentali:

1 - **trasmissione in banda base** o su un canale passa basso; il segnale di tipo binario non viene modulato ma viene inviato lasciando inalterata la frequenza; si usa una codifica di linea in modo da ridurre la distorsione, l'errore, i disturbi.

2 - **trasmissione in banda traslata** o passa banda; il segnale viene modulato opportunamente in modo che la banda occupata sia quella prevista, senza disturbare i canali adiacenti.

Nei sistemi di trasmissione in banda base è necessaria una codifica di linea, cioè è necessario trasformare il segnale digitale costituito da un insieme di 0 e 1, in un segnale di impulsi elettrici o ottici, messi in una opportuna sequenza, secondo un codice; in tal modo il ricevitore riconoscendo il codice di linea è in grado di ricostruire il segnale originale, eliminando le distorsioni, gli errori, i disturbi.

Il codice di linea deve avere alcune proprietà fondamentali:

1 - deve contenere la frequenza del clock del trasmettitore o informazioni sulla frequenza di clock, in modo che il ricevitore riesca a ricostruire il clock e metterlo in sincronismo con un circuito ad aggancio di fase PLL;

2 - non deve contenere la componente continua del segnale, in quanto essa non trasporta il segnale, la sua potenza è perduta, provoca perdite nei trasformatori di accoppiamento;

3- nel caso di banda traslata deve occupare una banda limitata, in modo da poter consentire più trasmissioni contemporaneamente;

4 - non deve avere lunghe sequenze tutte di 0 o tutte di 1, altrimenti il circuito di aggancio di fase perde il sincronismo e il segnale non passa attraverso i trasformatori di accoppiamento, in quanto assimilato ad una componente continua del segnale.

### **Codice di linea NRZ (Non Return to Zero)**

Il codice NRZ ha due livelli di tensione uno per lo 0 e l'altro per l'1; si può usare una codifica del tipo:

bit	tensione [V]
-----	--------------

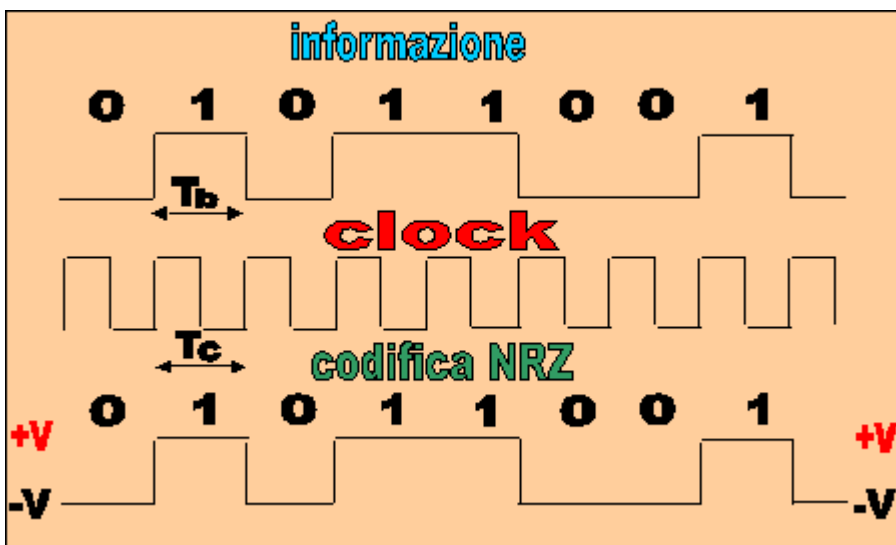
0	0
1	+ V <sub>1</sub>

in questo caso si ha il codice NRZ unipolare;

oppure:

bit	tensione [V]
0	-V <sub>0</sub>
1	+ V <sub>1</sub>

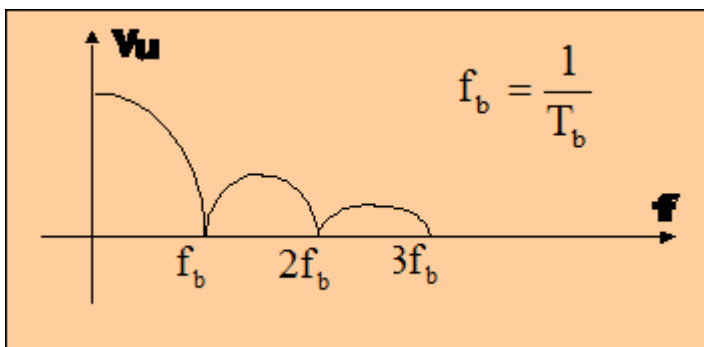
in questo caso si ha il codice NRZ bipolare.



**codifica NRZ bipolare**

Notiamo che il periodo del bit  $T_b$  coincide con il periodo di clock  $T_c$ .

Lo spettro è costituito da un lobo principale che contiene la componente continua, in quanto parte da frequenza zero.



**spettro nella codifica NRZ**

Si annulla in corrispondenza della frequenza di bit  $f_b$ :

$$f_b = \frac{1}{T_b}$$

che coincide con la frequenza di clock  $f_c$ :

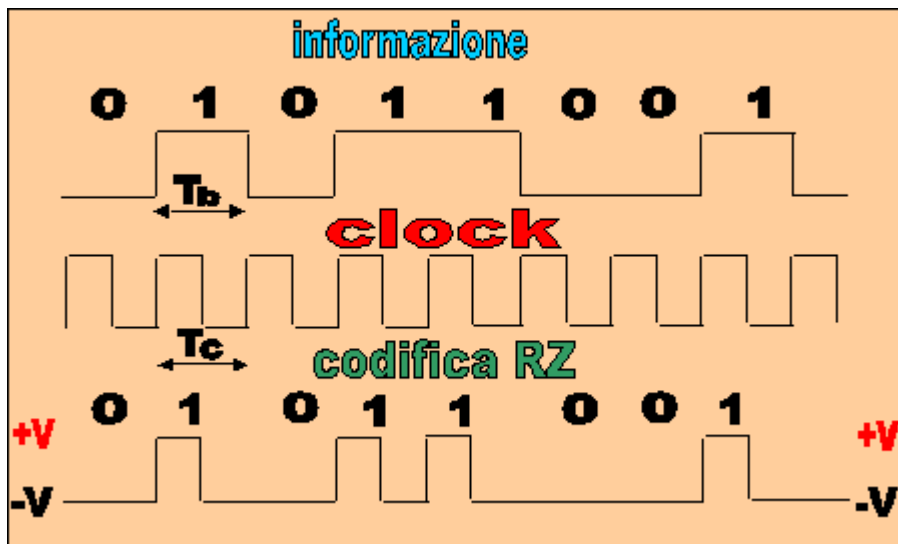
$$f_c = \frac{1}{T_c}$$

Segue una serie di lobi secondari che si annullano alla frequenza doppia, tripla, ecc. di  $f_b$

Il codice NRZ si usa nelle centrali numeriche e nei computer; non viene usato nei doppini telefonici, cavi coassiali o fibre ottiche perché non consente la rigenerazione e, avendo una componente continua, non riesce a passare attraverso i traslatori differenziali delle centraline telefoniche.

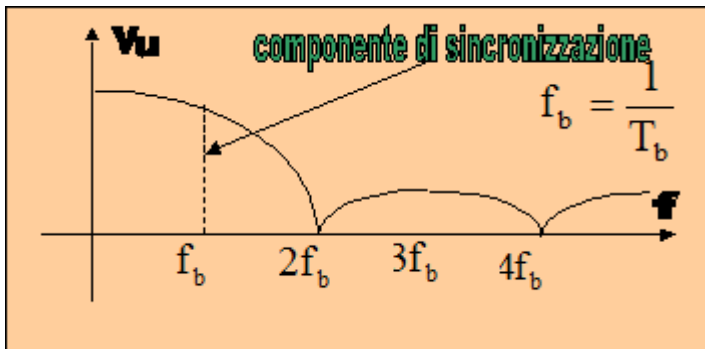
### Codice di linea RZ (Return to Zero)

Il codice RZ si ottiene dal codice NRZ riducendo alla metà la durata dell'impulso del livello logico 1.



**codifica RZ bipolare**

Lo spettro è costituito da un lobo principale che contiene la componente continua, in quanto parte da frequenza zero.



**spettro nella codifica RZ**

Si annulla in corrispondenza della frequenza doppia di bit cioè  $2f_b$ :

$$f_b = \frac{1}{T_b}$$

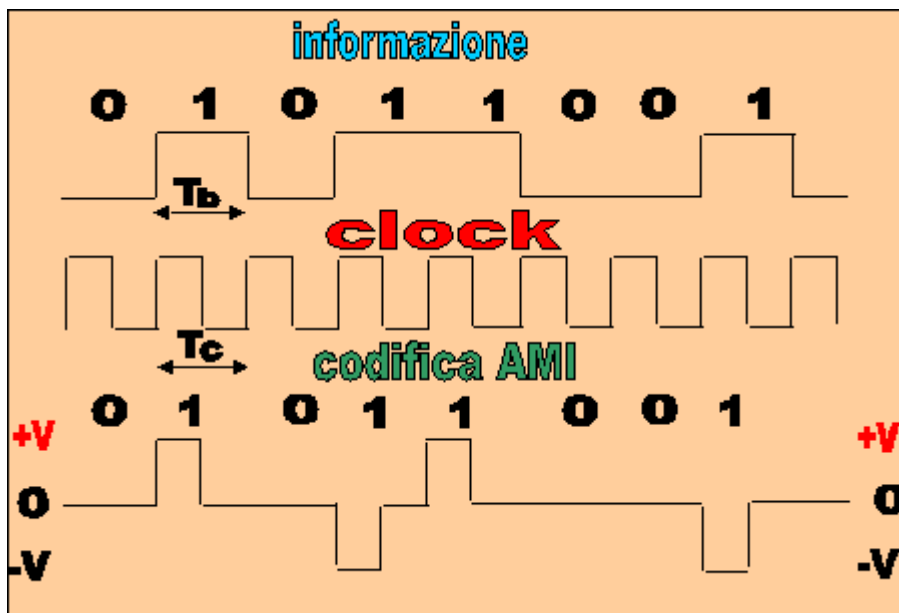
la  $f_b$  coincide con la frequenza di clock  $f_c$ :

$$f_c = \frac{1}{T_c}$$

Segue una serie di lobi secondari che si annullano alla frequenza multipla di ordine pari di  $f_b$  cioè:  $4f_b$ ,  $6f_b$ , ecc. Con questa codifica è possibile ricavare la componente per la sincronizzazione del clock del ricevitore in corrispondenza di  $f_b$ .

### **Codice di linea AMI (Alternate Mark Inversion)**

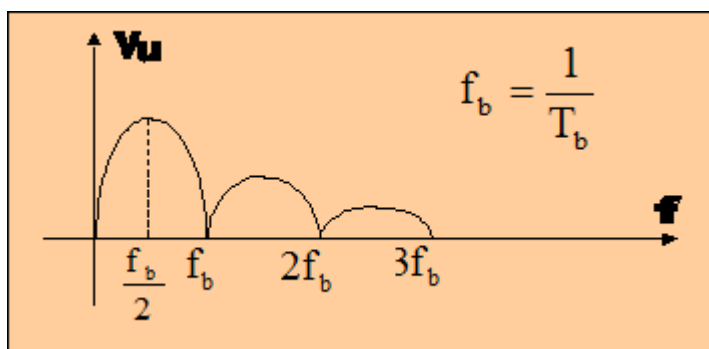
Il codice AMI è un codice a tre livelli di tensione:  $+V$ ,  $0$ ,  $-V$  ed è ottenuto dal codice RZ lasciando inalterato lo zero ed associando allo stato logico 1 alternativamente dapprima un valore  $+V$  e successivamente un valore  $-V$



**codifica AMI**

Lo spettro è costituito da un lobo principale che raggiunge la massima potenza in corrispondenza di

$$\frac{f_b}{2}$$



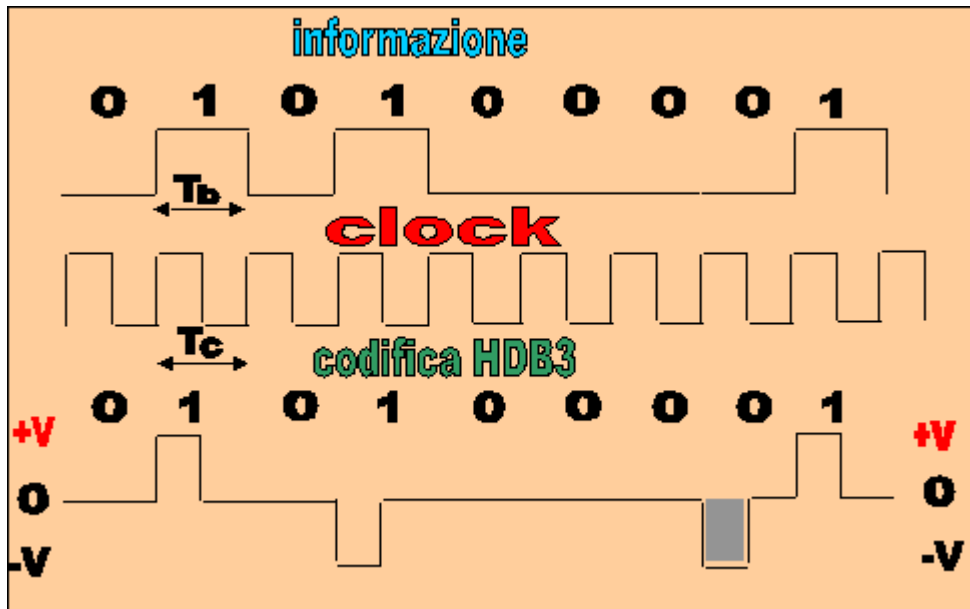
**spettro nella codifica AMI**

Lo spettro si annulla sia a frequenza zero che a frequenza  $f_b$ ; quindi manca la componente continua a frequenza zero. Segue una serie di lobi secondari che si annullano alla frequenza doppia, tripla, ecc. di  $f_b$

Con questa codifica è possibile ricavare la componente per la sincronizzazione del clock del ricevitore in corrispondenza di  $f_b$ , tramite un raddrizzatore a due semionde, che mi ribalta la semionda negativa. E' inoltre possibile una correzione degli errori andando a controllare l'alternanza tra valori positivi e valori negativi del livello logico 1.

### Codice di linea HDB3 (High Density Bipolar Code di ordine 3)

La codifica HDB3 è simile alla codifica AMI, cioè è un codice a tre livelli di tensione: +V, 0, -V ed è ottenuto dal codice RZ lasciando inalterato lo zero ed associando allo stato logico 1 alternativamente dapprima un valore +V e successivamente un valore -V;

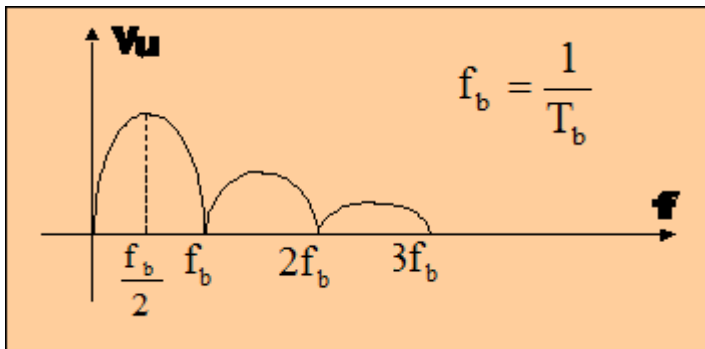


**codifica HDB3**

tuttavia qualora si dovessero presentare quattro bit consecutivi tutti a livello logico zero, il quarto bit viene trasformato in un livello di tensione +V oppure -V, uguale al precedente valore logico 1; questo evento viene interpretato come una violazione di codice e quindi viene riconosciuto non come 1 ma come zero logico. In questo modo viene eliminata una lunga sequenza di bit 0, che rende difficile l'estrazione del clock nel ricevitore.

Lo spettro è simile alla codifica AMI, cioè è costituito da un lobo principale che raggiunge la massima potenza in corrispondenza di

$$\frac{f_b}{2}$$



**spettro nella codifica HDB3**

Lo spettro si annulla sia a frequenza zero che a frequenza  $f_b$ ; quindi manca la componente continua a frequenza zero. Segue una serie di lobi secondari che si annullano alla frequenza doppia, tripla, ecc. di  $f_b$

Con questa codifica è possibile ricavare la componente per la sincronizzazione del clock del ricevitore in corrispondenza di  $f_b$ , tramite un raddrizzatore a due semionde, che mi ribalta la semionda negativa. E' inoltre possibile una correzione degli errori andando a controllare l'alternanza tra valori positivi e valori negativi del livello logico 1.

### **Trasmissioni in banda traslata**

Nella **trasmissione in banda traslata** o passa banda il segnale viene modulato opportunamente in modo che la banda occupata sia quella prevista, senza disturbare i canali adiacenti. Non è possibile in questo sistema la trasmissione in banda base, cioè senza modulazione, in quanto in questo sistema viaggiano sullo stesso canale più segnali sinusoidali contemporaneamente e per distinguerli occorre la modulazione di ciascun segnale.

Si fa, quindi, ricorso alle modulazioni numeriche e cioè:

**ASK** (Amplitude Shift Keying ) cioè modulazione a cambiamento di ampiezza;

**FSK** (Frequency Shift Keying ) cioè modulazione a cambiamento di frequenza;

**PSK** (Phase Shift Keying ) cioè modulazione a cambiamento di fase.

Le modulazioni a banda traslata vengono utilizzate nei ponti radio, nelle trasmissioni satellitari, nei telefonini.