

Limite di Nyquist

Limite di Shannon

Liceo G.B. Brocchi – Bassano del Grappa (VI)
Liceo Scientifico – opzione scienze applicate
Giovanni Mazzocchin

Velocità di informazione

R : velocità di modulazione

(symbol rate, modulation rate, baud rate):

numero di simboli trasmessi sul canale al secondo
si esprime in baud (**Bd**), o in *symbols/s*

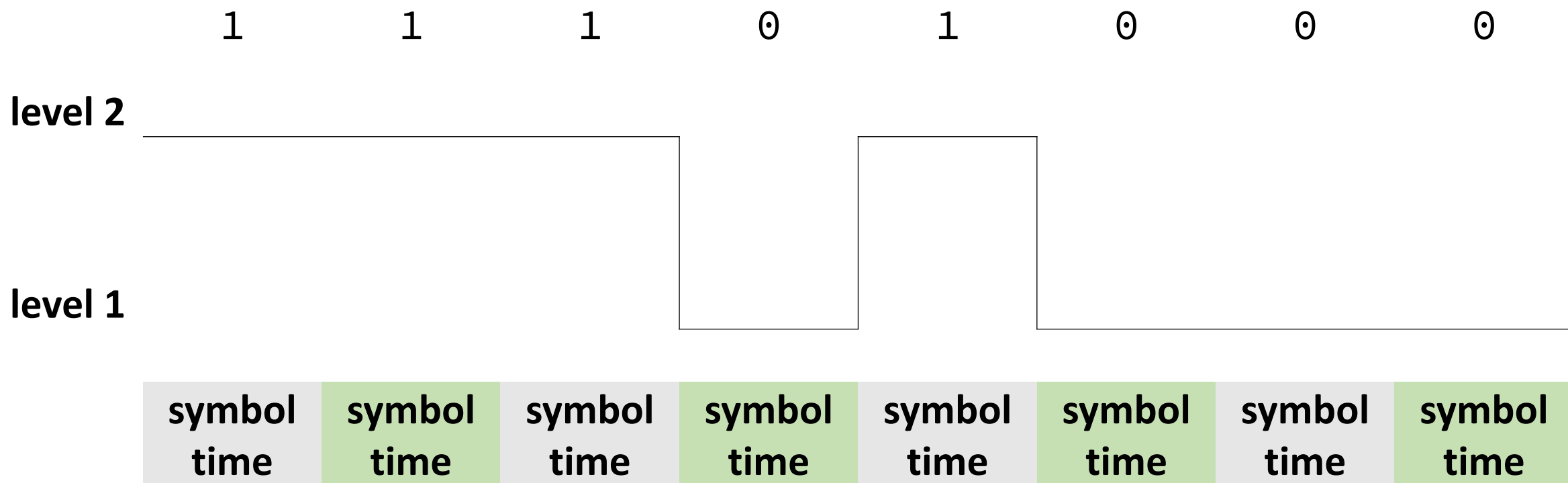
BR (bit rate):

numero di bit trasmessi sul canale al secondo. Se M è il numero di simboli utilizzati per la codifica, allora:

$$BR = R \log_2 M \text{ bit/s}$$

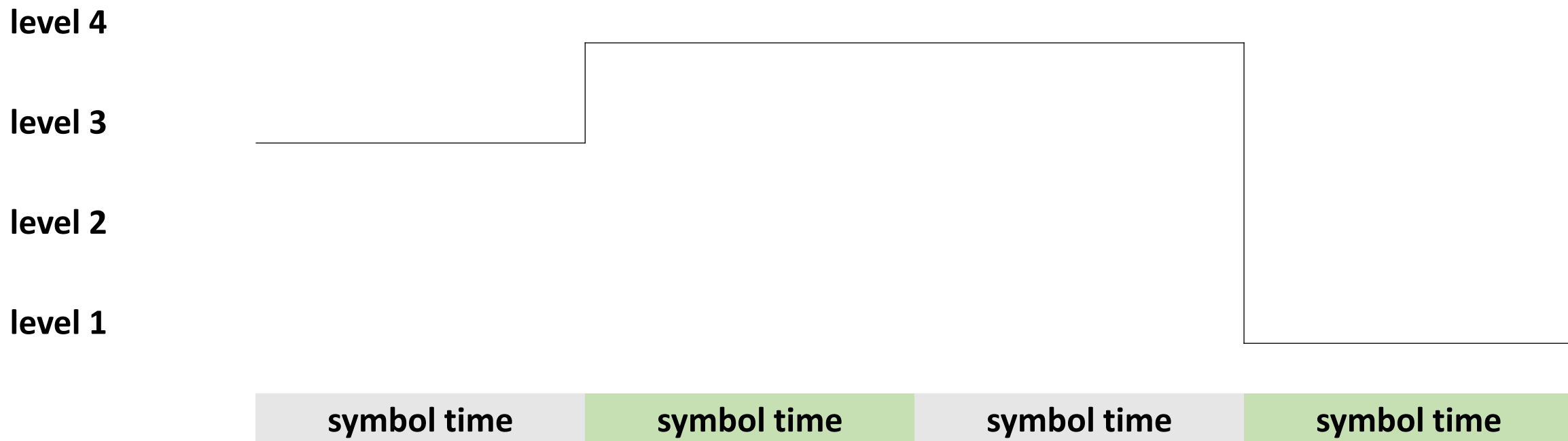
Codifiche multilivello

- Supponiamo di voler trasmettere i bit 11101000
- Vediamo la differenza tra una codifica a 2 livelli ed una a 4 livelli
- **Symbol time**: durata di un simbolo (livello)



Codifiche multilivello

- level 1: **00**; level 2: **01**; level 3: **11**; level 4: **10**



il tempo per trasmettere gli stessi bit con lo stesso symbol time si è dimezzato. NB: se i livelli diventano tanti e si avvicinano sempre di più, il ricevitore non riesce più a distinguerli

Limite di Nyquist

- Nel 1924, Harry Nyquist, un ingegnere di AT&T, ha scoperto che anche un canale privo di rumore (*noiseless*) ha capacità limitata
- Se un segnale viene trasmesso su un canale di larghezza di banda (*bandwidth*) B Hz, e i simboli (livelli discreti) utilizzati per la codifica sono M , allora vale:

$$C = 2B \log_2 M \text{ bit/s}$$

dove C rappresenta il bit rate massimo raggiungibile sul canale

Limite di Nyquist

- **NB:** attenti quando si parla di **larghezza di banda (bandwidth)**. Un ingegnere elettrico/elettronico vi dirà che si misura in Hz, mentre un informatico che si misura in bit/s. Sono due concetti diversi, ma abbiamo visto che le due quantità sono correlate
- Domande:
 - qual è la capacità di un canale privo di rumore di larghezza di banda 3 kHz (banda di un normale canale telefonico), per segnali a 2 livelli?
 - qual è la capacità di un canale privo di rumore di larghezza di banda 3 kHz, per segnali a 4 livelli?
 - qual è la capacità di un canale privo di rumore di larghezza di banda 3 kHz, per segnali a 16 livelli?

Limite di Shannon

- Nella realtà i canali sono rumorosi (c'è sicuramente almeno il rumore termico, ossia l'agitazione delle molecole)
- In un canale di larghezza di banda B Hz, la capacità massima è:

$$C = B \log_2(1 + SNR) \text{ bit/s}$$

- SNR è il signal-to-noise ratio espresso come numero puro (non in dB)
- questo limite, a differenza del limite di Nyquist, non dipende dal numero di livelli del segnale

Limite di Shannon

- Qual è la capacità di una linea ADSL di larghezza di banda 1 MHz e SNR 40 dB?
- Qual è la capacità di una linea ADSL di larghezza di banda 0,8 MHz e SNR 50 dB?
- Qual è la capacità di una linea ADSL di larghezza di banda 0,9 MHz e SNR 30 dB?

Da vedere/leggere a casa

- [The Shannon Limit - Bell Labs - Future Impossible](#)
- [Shannon-Hartley theorem](#)