

Codifiche di linea Modulazione Multiplexing

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

Codifiche di linea

- Come vengono trasmessi i segnali digitali in banda base?
- Sappiamo che i bit vanno convertiti in segnali elettrici
- Bisogna stabilire come rappresentare l'1 e lo 0
- Vediamo alcune **codifiche di linea**

Codifiche di linea

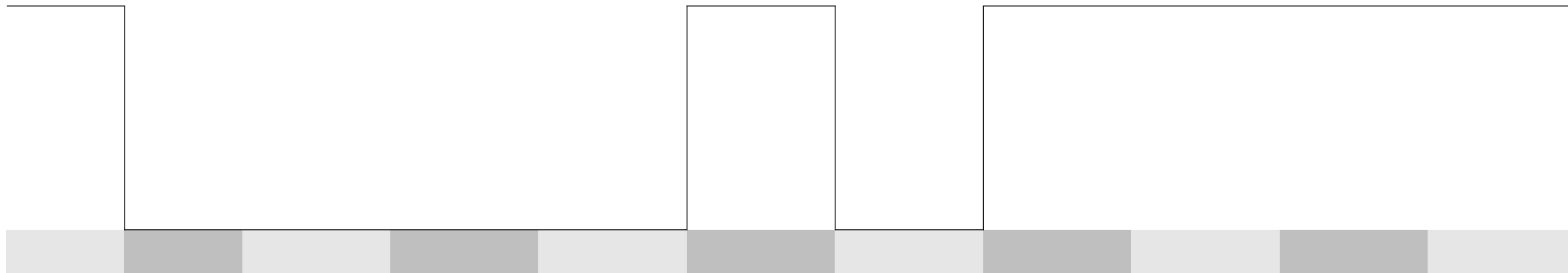
NRZ

Non-Return to Zero

1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1

level
2

level
1



**il nome di questa codifica è molto strano...
accettiamolo**

i livelli potrebbero essere valori di tensione su
doppino intrecciato, oppure assenza/presenza di
un impulso luminoso su fibra ottica

Codifiche di linea

NRZ

Non-Return to Zero

1

0

0

0

0

1

0

1

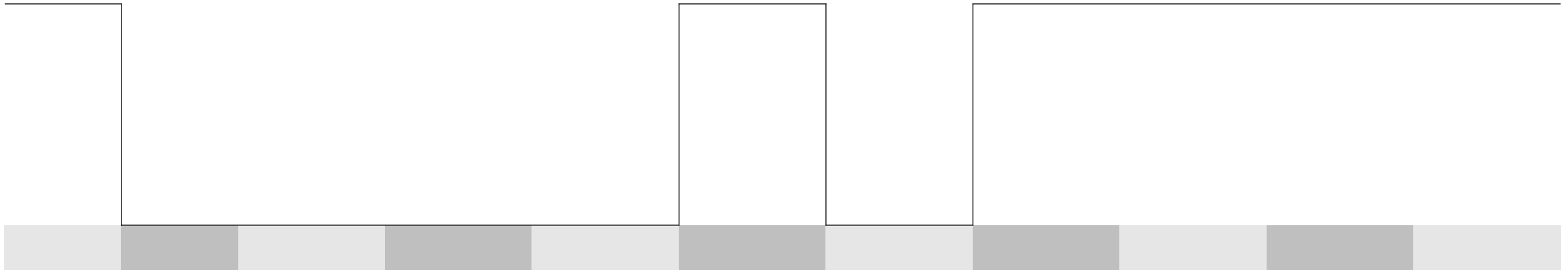
1

1

1

level
2

level
1



il ricevitore rischia di perdere la sincronizzazione in corrispondenza di lunghe sequenze di 1 o di 0

Codifiche di linea

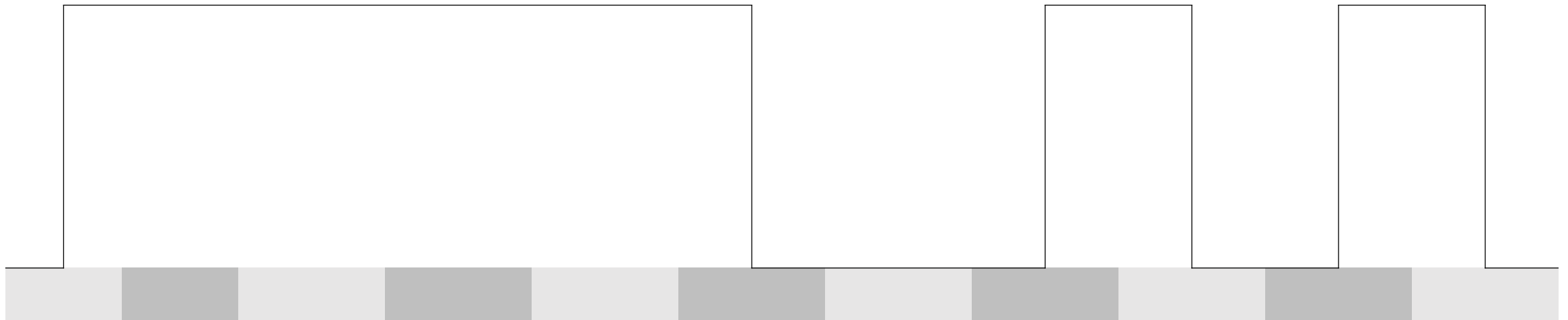
Non-Return to Zero Inverted

NRZI

1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1

level
2

level
1

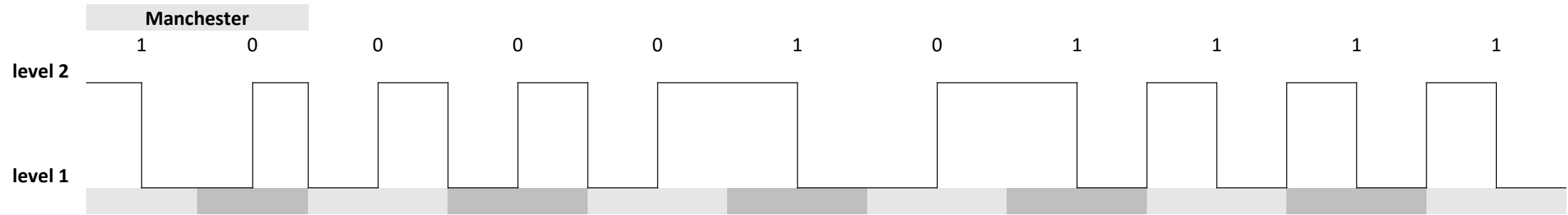


1: transizione
0: no transizione

le transizioni a metà del tempo di bit in corrispondenza degli 1 aiutano il ricevitore a sincronizzarsi, ma persiste il problema delle lunghe sequenze di 0

Codifiche di linea

Manchester

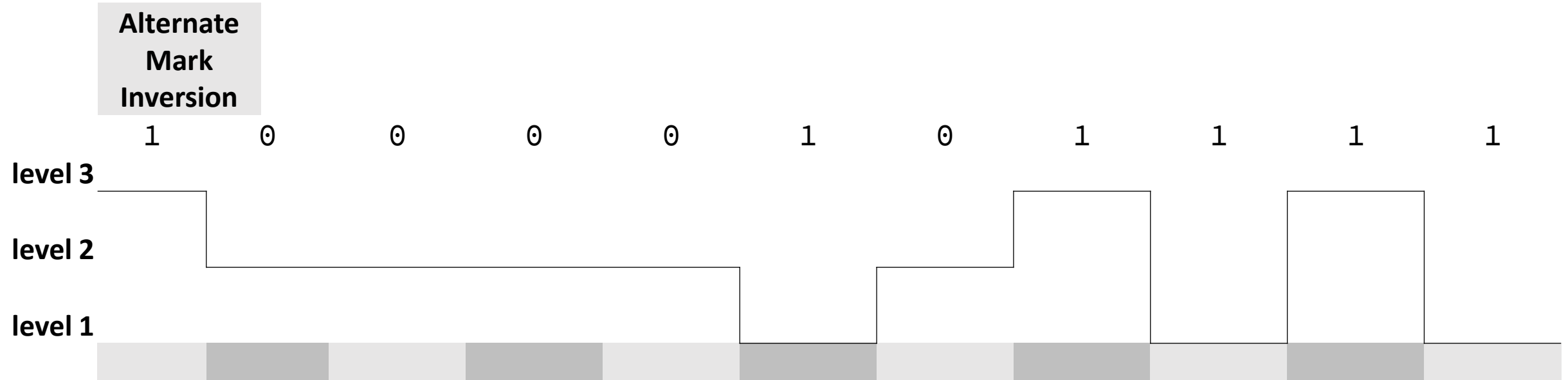


1: transizione alto-basso
0: transizione basso-alto

le transizioni in corrispondenza di ciascun bit
aiutano il ricevitore a sincronizzarsi

Codifiche di linea

Alternate Mark Inversion



codifica su 3 livelli (*bipolar encoding*)

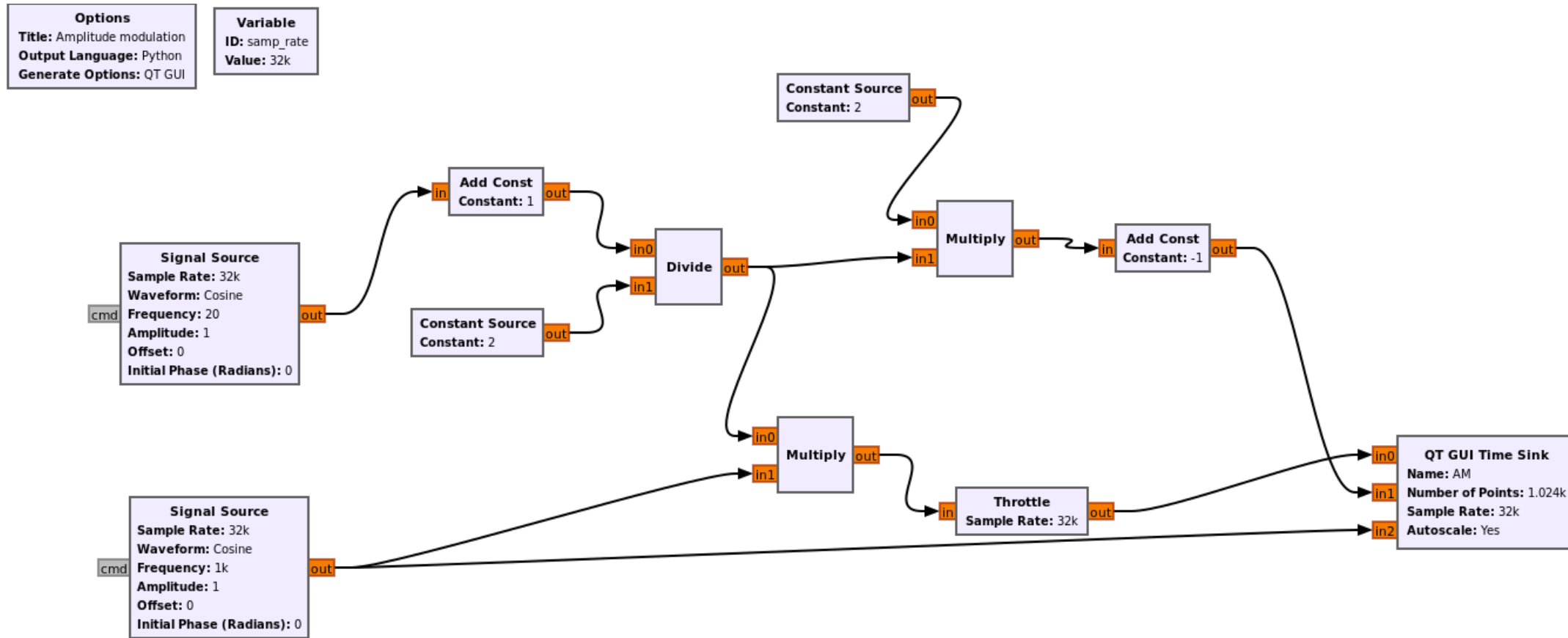
0: livello centrale

1: livello alto se l'1 precedente era basso, e viceversa

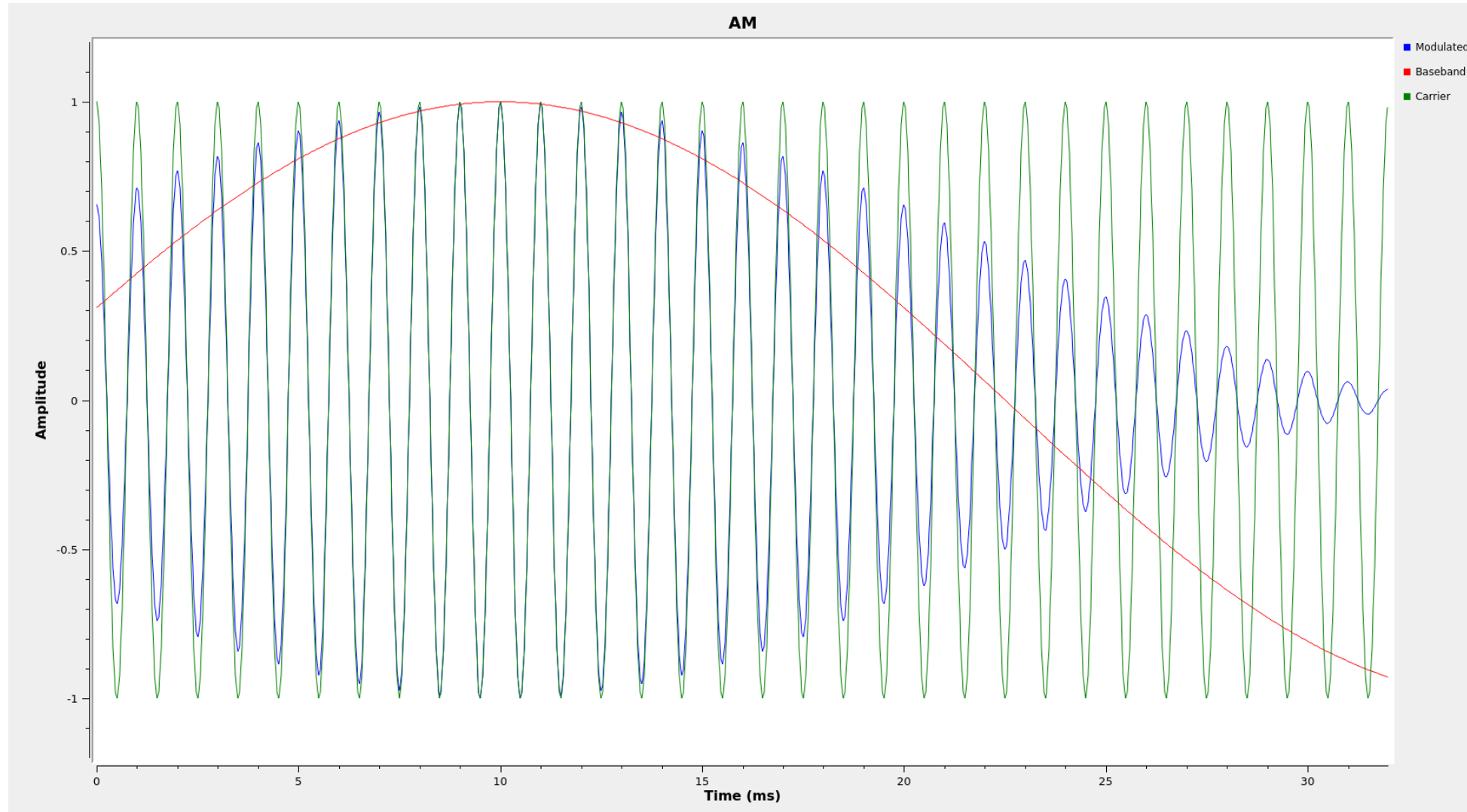
Modulazione

- La modulazione consiste nel variare alcune caratteristiche di un **segnale portante** (*carrier signal*) sulla base del contenuto informativo di un **segnale modulante**
- Il segnale portante ha frequenza molto più elevata del segnale modulante
- I parametri *modulabili* sono: ampiezza (**Amplitude Modulation**), frequenza (**Frequency Modulation**), fase (**Phase Modulation**). È possibile anche combinare le modulazioni
- Cerchiamo di comprendere intuitivamente l'Amplitude Modulation (applicata nella [radio AM](#))

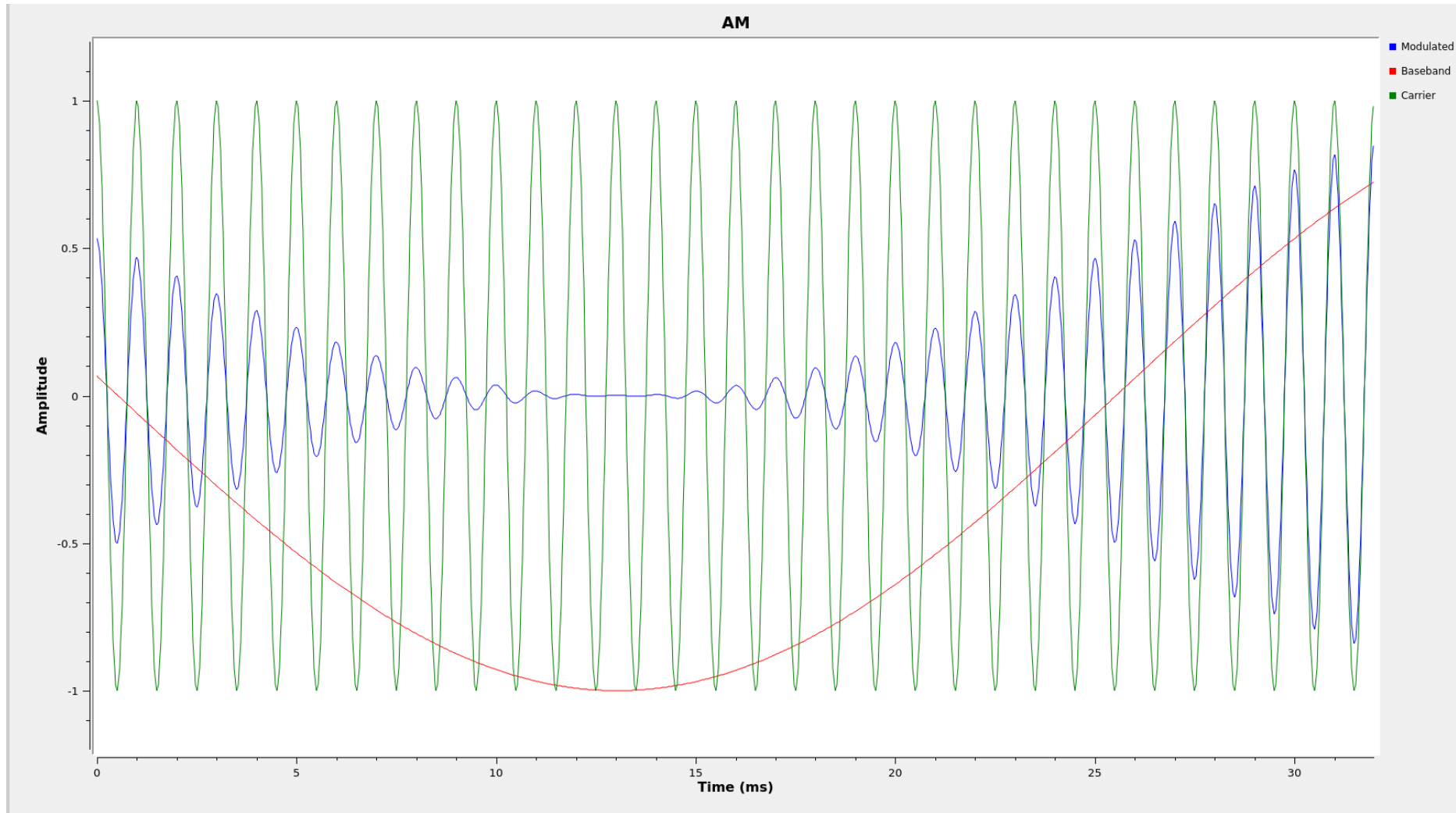
Amplitude modulation (modulazione analogica)



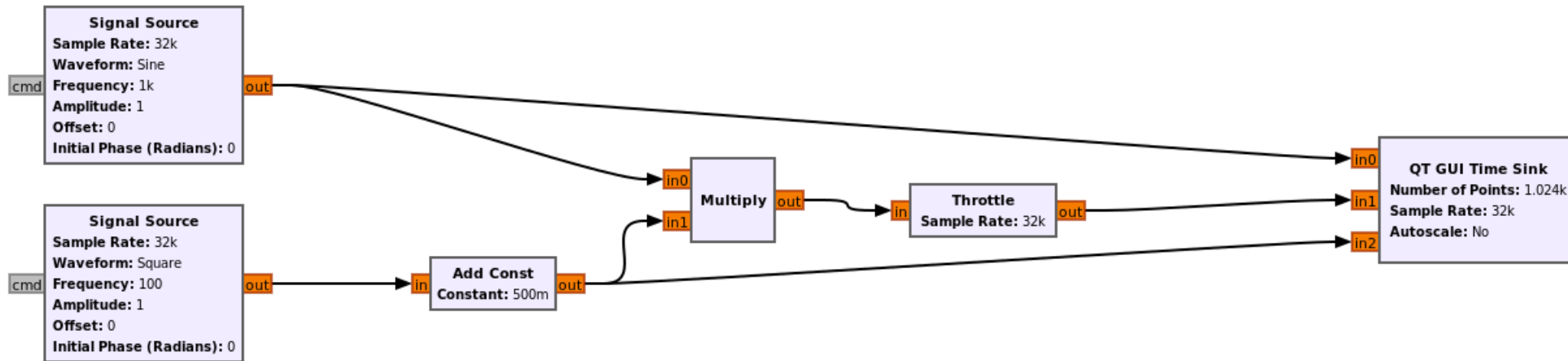
Amplitude modulation (modulazione analogica)



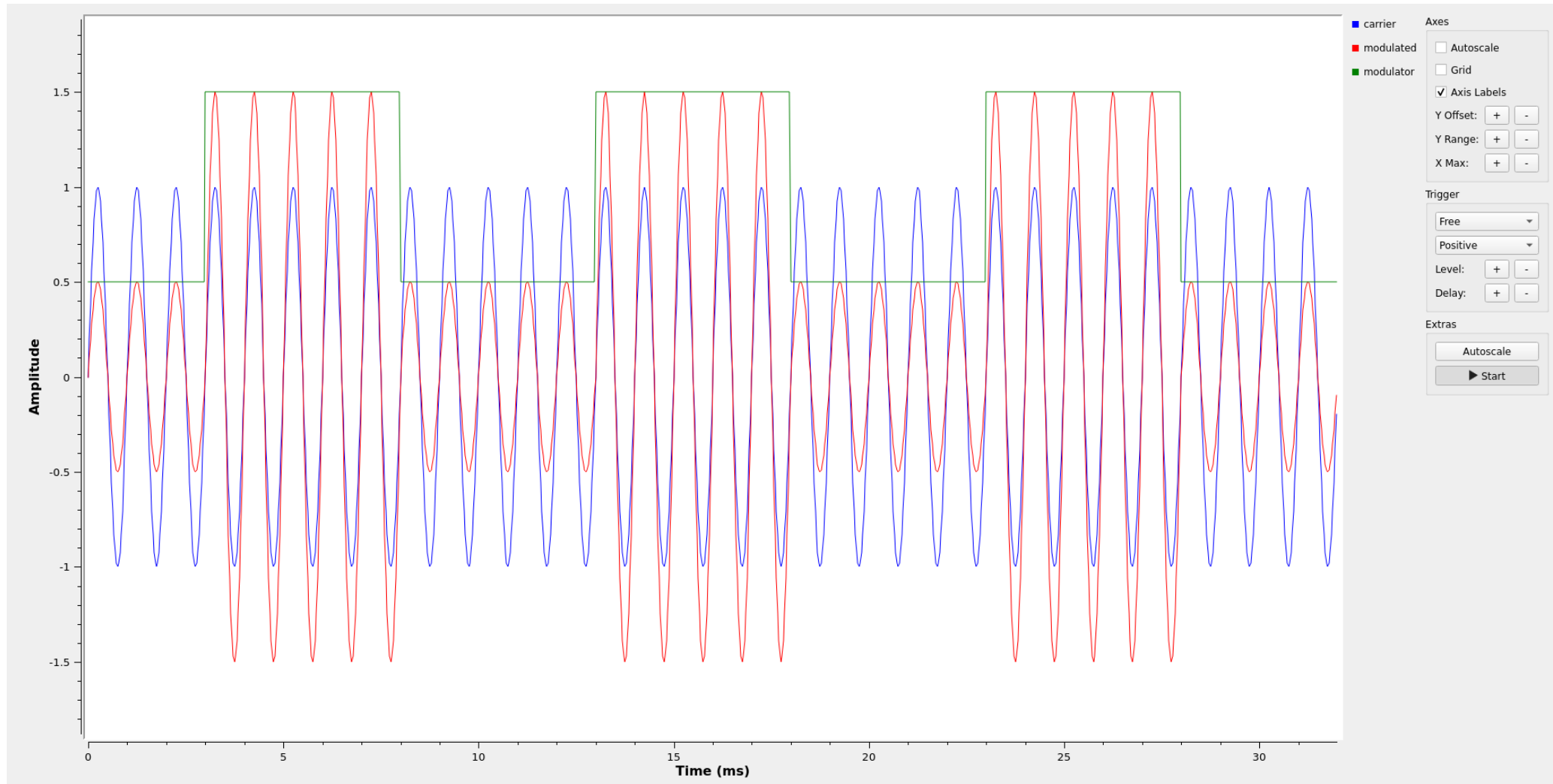
Amplitude modulation (modulazione analogica)



Amplitude Shift Keying (modulazione digitale)



Amplitude Shift Keying (modulazione digitale)



Multiplexing (multiplazione)

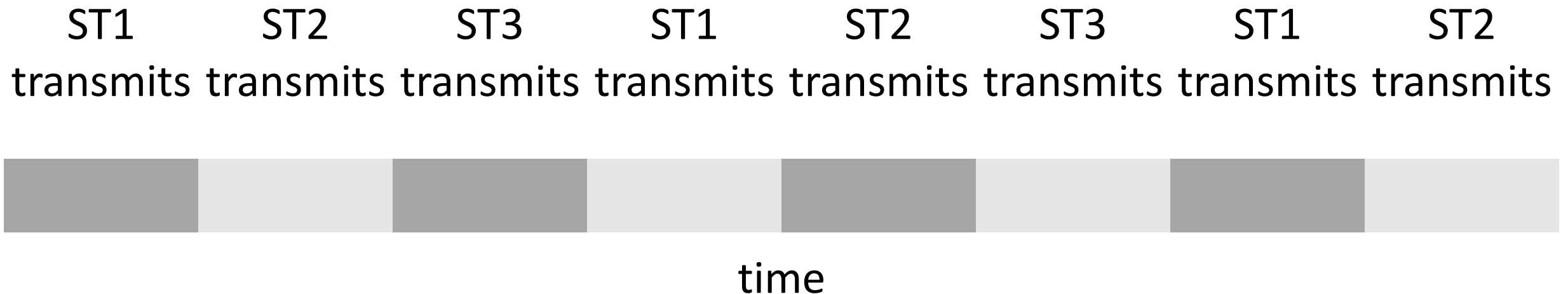
- Un canale trasmissivo può essere condiviso da diversi segnali
- **Multiplexing**: invece di utilizzare un canale distinto per ogni segnale, si utilizzano delle tecniche per convogliare più segnali nello stesso canale:
 - analogia: strada (canale) divisa in corsie (sottocanali)
- Esistono diverse tecniche di multiplexing

FDM (Frequency Division Multiplexing)

- Con il **FDM**, gli utenti condividono il canale utilizzando frequenze diverse (ogni utente trasmette in una determinata banda di frequenze)
- Analogia: coro a 4 voci, soprano-contralto-tenore-basso. Possono cantare contemporaneamente, ma ad altezze (frequenze) diverse
- La **radio FM** (***F**requency **M**odulation*) utilizza questo schema di multiplexing: diverse stazioni trasmettono contemporaneamente su frequenze diverse (i canali radio su cui vi sintonizzate, ad esempio 88.1 MHz, 89.9 MHz etc...). Un discorso simile vale per la televisione

TDM (Time Division Multiplexing)

- Le stazioni trasmettono **a turni**
- Analogia: persone che si alternano nel parlare. Parla sempre uno alla volta



CDMA (Code Division Multiple Access)

- Stiamo parlando di multiplexing per sistemi digitali, quindi le stazioni trasmettono sequenze di bit
- **CDMA** è utilizzato in vari standard per la **telefonia cellulare** e nel **GPS**
- Si basa sulle **matrici di Hadamard/Walsh**
- Inventato da **Andrew Viterbi**
- Lo spiegheremo con un esempio, comunque la Matematica che sta dietro questo schema è molto difficile
- Con il CDMA tutte le stazioni possono trasmettere contemporaneamente su tutte le frequenze... sembra un miracolo, ma come funziona?
- Analogia: persone che parlano contemporaneamente, ma in lingue diverse

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Ad ogni stazione viene assegnato un **chip code**, ossia una sequenza di 1 e -1 (nel nostro esempio di lunghezza 8):

(1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, 1)

- Tutte le coppie di chip code devono essere ortogonali. X e Y sono ortogonali se:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i Y_i = 0$$

- $\sum_{i=1}^n X_i Y_i$ è il prodotto scalare (*inner product*) tra i vettori X e Y
- Lavoriamo su un esempio in cui i chip code ortogonali sono già dati. Verifichiamone l'ortogonalità utilizzando la formula precedente

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Consideriamo 4 stazioni, con questi chip code:
ST1_chipcode = $(-1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1)$
ST2_chipcode = $(-1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, -1)$
ST3_chipcode = $(-1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1)$
ST4_chipcode = $(-1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1)$
- Una stazione, per trasmettere, segue queste regole:
 - per trasmettere il bit **1** trasmette il proprio chip code
 - per trasmettere il bit **0** trasmette la negazione del proprio chip code

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Vediamo come fa ST3 a trasmettere la sequenza di bit seguente:
1, 1, S, 1, 1, 0
- S significa *silent*, ossia, nessun bit trasmesso da ST3
- Ricordiamo però che le altre stazioni possono trasmettere contemporaneamente
- Facciamo in modo che ciascun segnale abbia tra le proprie componenti i chip code che codificano la sequenza di bit di ST3 scritta sopra

CDMA (Code Division Multiple Access)

1. $\text{signal1} = \text{ST3_chipcode}$ (**1**)
2. $\text{signal2} = \text{ST2_chipcode} + \text{ST3_chipcode}$ (**1**)
3. $\text{signal3} = \text{ST1_chipcode} + \text{ST2_chipcode_negated}$ (**S**)
4. $\text{signal4} = \text{ST1_chipcode} + \text{ST2_chipcode_negated} + \text{ST3_chipcode}$ (**1**)
5. $\text{signal5} = \text{ST1_chipcode} + \text{ST2_chipcode} + \text{ST3_chipcode} + \text{ST4_chipcode}$ (**1**)
6. $\text{signal6} = \text{ST1_chipcode} + \text{ST2_chipcode} + \text{ST3_chipcode_negated} + \text{ST4_chipcode}$ (**0**)

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Dai 6 segnali trasmessi sopra è possibile ricavare la sequenza di bit inviata da ST3
- È sufficiente calcolare il prodotto scalare normalizzato tra i segnali e il chip code di ST3 (in generale, il chip code della stazione X se si vuole trovare la sequenza di bit trasmessa da X)
- Per evitare calcoli laboriosi a mano, scriviamo uno script Python che simula CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Abbiamo visto che questo sistema funziona (sembra un miracolo)
- I chip code però erano già pronti
- Esiste una procedura per trovare chip code ortogonali?
- Sì, si può generare una [matrice di Hadamard](#) tramite la costruzione di Sylvester (vedere la descrizione su Wikipedia)
- Con questa costruzione è possibile costruire una matrice di Hadamard la cui dimensione è una potenza di 2
- La matrice risultante sarà composta di 1 e -1, e ogni coppia di righe sarà ortogonale (condizione necessaria per generare chip code nel CDMA)

Da vedere/leggere/visitare a casa

- https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_modulation#/media/File:Amfm3-en-de.gif
- https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying#/media/File:Fsk.svg