

# INFORMATICA MUSICALE

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA**  
**DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA**  
**LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA**  
**A.A. 2019/20**  
**Prof. Filippo L.M. Milotta**

**ID PROGETTO:** 19

**TITOLO PROGETTO:** Generazione, rilevazione e codifica di ultrasuoni e infrasuoni

**AUTORE 1:** Finocchiaro Fabio

**AUTORE 2:** Di Paola Rino

**AUTORE 3:** Di Mauro Francesco Maria

## Indice

<b>1. Obiettivi del progetto.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Metodo Proposto .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Risultati Ottenuti .....</b>	<b>6</b>

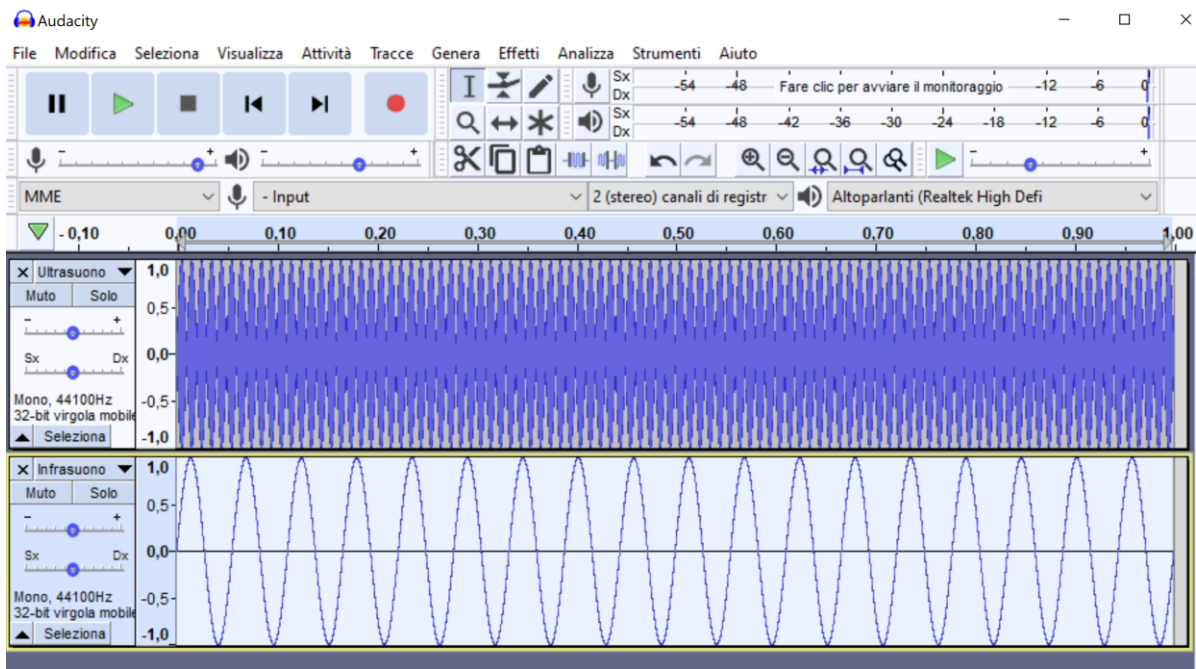
## 1. Obiettivi del progetto

Nel nostro progetto ci focalizzeremo sullo studio di ultrasuoni ed infrasuoni ed in particolar modo sulla loro sintetizzazione e digitalizzazione. Vengono detti infrasuoni i suoni caratterizzati da una frequenza inferiore ai 20 Hz ed ultrasuoni quelli a frequenza maggiore di 20.000 Hz. Questi particolari tipi di suono non sono udibili dall'uomo, poiché il range di frequenza udibile dall'uomo è compreso fra i 20 Hz e i 20000 Hz circa. Uno degli obiettivi del progetto è riuscire a registrare i suoni precedentemente sintetizzati attraverso l'utilizzo di un microfono.

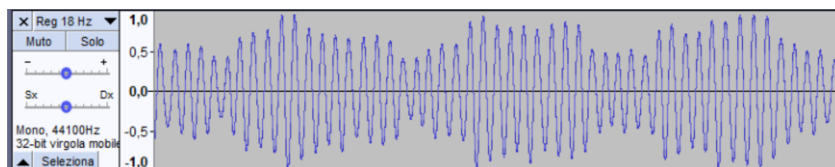
Dopo un'accurata rielaborazione dei suoni registrati attraverso la rimozione dei rumori di fondo e l'applicazione di filtri, lo step successivo sarà quello di digitalizzare il segnale attraverso il campionamento e la quantizzazione seguiti da un'opportuna codifica.

## 2. Metodo Proposto

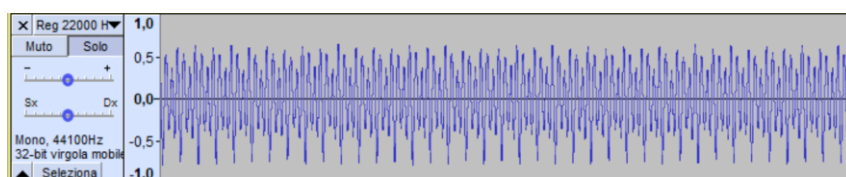
1. Utilizzando il software Audacity verranno sintetizzati degli ultrasuoni e degli infrasuoni a partire da una frequenza stabilita e da un'ampiezza unitaria. Ciò è possibile aggiungendo delle nuove tracce all'interno del programma specificandone la frequenza: per gli infrasuoni utilizzeremo una frequenza minore di 20 Hz, mentre per gli ultrasuoni utilizzeremo una frequenza maggiore di 20000 Hz. Nel nostro caso abbiamo sintetizzato 2 suoni:
  - un infrasuono a frequenza 18 Hz
  - un ultrasuono a frequenza 22000 Hz



2. Utilizzando un microfono non professionale proveremo a registrare i suoni sintetizzati precedentemente, questo ci consentirà di capire se gli strumenti utilizzati abbiano una sensibilità tale da rilevare, oltre al rumore, anche i suddetti suoni:
  - Infrasuono: abbiamo amplificato il volume dei bassi nella sorgente di riproduzione al fine di riuscire a registrarlo

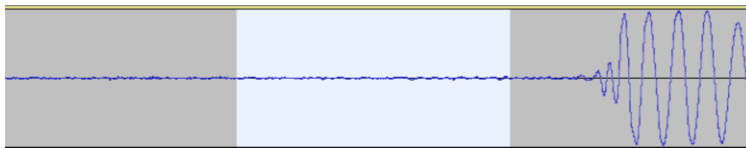


- Ultrasuono: abbiamo amplificato il volume degli alti nella sorgente di riproduzione al fine di riuscire a registrarlo

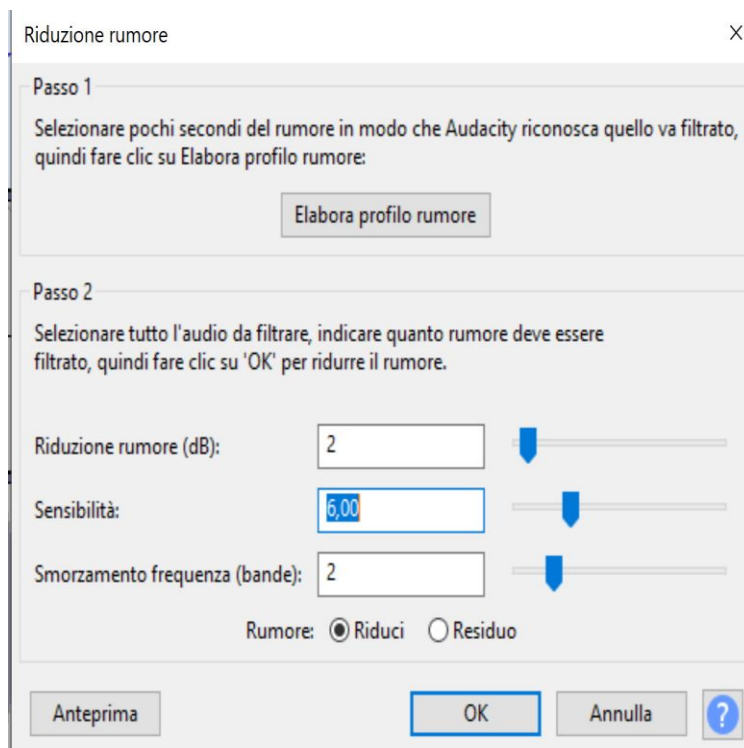


### 3. Dopo aver registrato i suoni eliminiamo il rumore

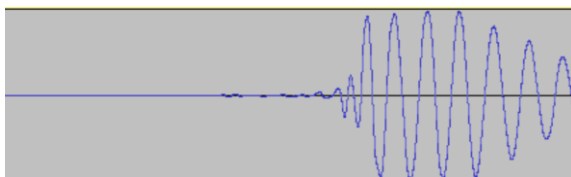
- Selezioniamo un intervallo del segnale in cui è presente solo il rumore



- Elaboriamo il profilo del rumore

A screenshot of the 'Riduzione rumore' (Noise Reduction) dialog box in Audacity. The dialog has a title bar with a close button (X). It is divided into two steps. 'Passo 1' (Step 1) contains the instruction: 'Selezionare pochi secondi del rumore in modo che Audacity riconosca quello va filtrato, quindi fare clic su Elabora profilo rumore:' (Select a few seconds of noise so that Audacity recognizes what to be filtered, then click on 'Elabora profilo rumore:'). Below this is a button labeled 'Elabora profilo rumore'. 'Passo 2' (Step 2) contains the instruction: 'Selezionare tutto l'audio da filtrare, indicare quanto rumore deve essere filtrato, quindi fare clic su 'OK' per ridurre il rumore.' (Select all audio to be filtered, indicate how much noise must be filtered, then click on 'OK' to reduce the noise). Below this are three settings: 'Riduzione rumore (dB):' with a text box containing '2' and a slider; 'Sensibilità:' with a text box containing '6,00' and a slider; and 'Smorzamento frequenza (bande):' with a text box containing '2' and a slider. At the bottom of the settings is a radio button group labeled 'Rumore:' with 'Riduci' (Reduce) selected and 'Residuo' (Residual). At the very bottom are four buttons: 'Anteprima' (Preview), 'OK', 'Annulla' (Cancel), and a help button with a question mark.

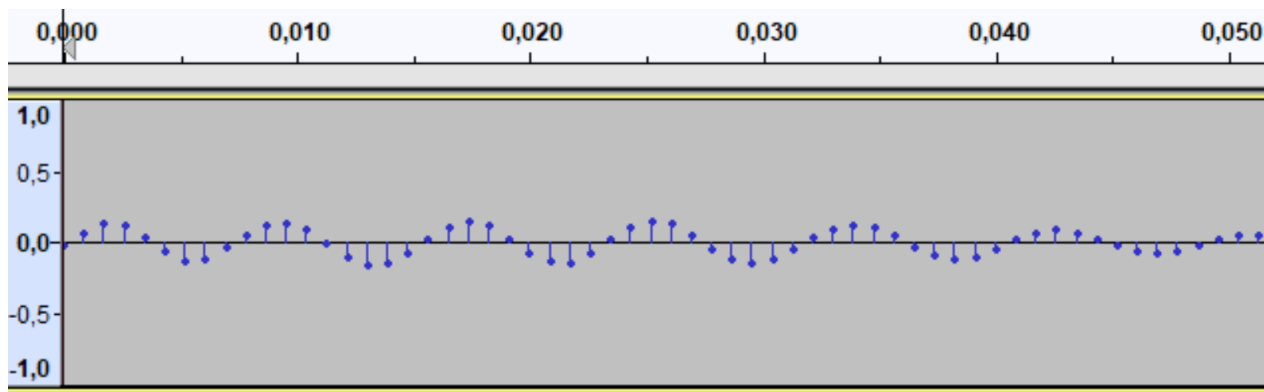
- Applichiamo su tutto il segnale la riduzione del rumore



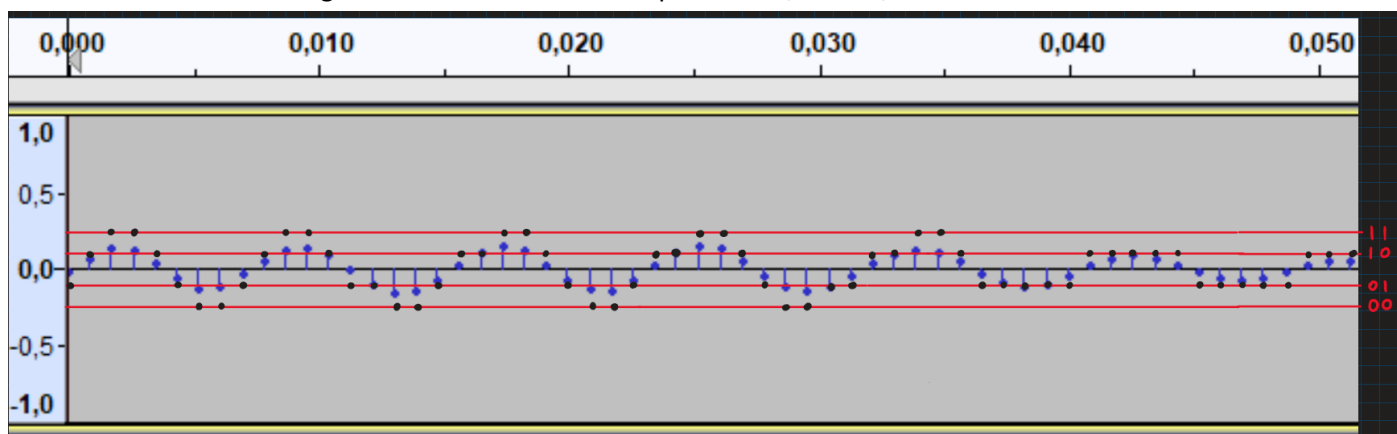
### 4. Applichiamo filtri passa-basso, passa-alto ed il filtro notch, in particolare:

- per isolare l'ultrasuono applichiamo un filtro passa-alto ed il filtro notch;
- per isolare l'infrasuono applichiamo un filtro passa-basso ed il filtro notch.

5. Isolato il segnale, avvalendoci del teorema del campionamento, lo convertiremo da segnale a tempo continuo a segnale a tempo discreto senza perdita di informazione. Nel dettaglio il teorema del campionamento impone di utilizzare una frequenza di campionamento  $F_c > 2F_n$ , dove  $F_n$  è la massima frequenza del segnale presente nel suo spettro ed è detta frequenza di Nyquist. Nel nostro caso la frequenza di Nyquist del suono registrato ed opportunamente trattato è circa 550 Hz, quindi abbiamo utilizzato una frequenza di campionamento pari a 1150 Hz.



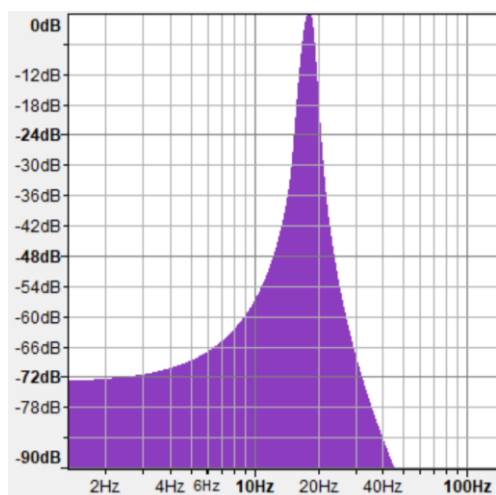
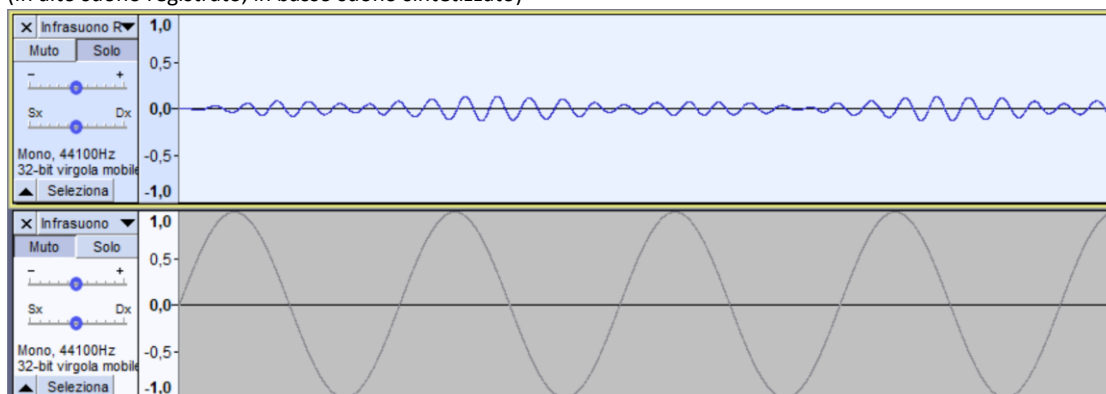
6. Convertire il segnale a tempo discreto non è sufficiente al fine di digitalizzarlo, infatti è necessaria pure l'operazione di quantizzazione del segnale. Poiché un segnale assume valori continui in un determinato intervallo di ampiezza risulta necessario associarvi un nuovo intervallo a valori discreti cercando di ridurre il più possibile gli errori. Nel nostro caso utilizzando una codifica a 2 bit quantizzeremo i nostri segnali suddividendoli in 4 intervalli di uguale ampiezza.
- Per semplicità applichiamo la quantizzazione e la codifica soltanto ai primi 0,05 secondi del segnale.
  - Per quantizzare il segnale definiamo un campo di valori entro cui quest'ultimo si mantiene, nel nostro caso  $[-0,25; 0,25]$ .
  - Suddividiamo tale campo in quattro intervalli.
7. Infine applichiamo la seguente codifica:
- 00 se il segnale assume un valore compreso fra -0,25 e -0,125
  - 01 se il segnale assume un valore compreso fra -0,125 e 0
  - 10 se il segnale assume un valore compreso fra 0 e 0,125
  - 11 se il segnale assume un valore compreso fra 0,125 e 0,25



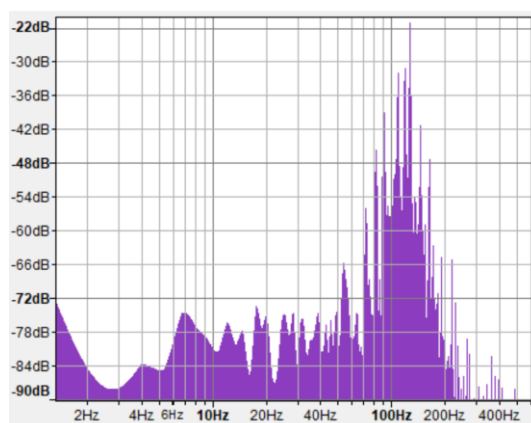
### 3. Risultati Ottenuti

#### 1. Il primo risultato ottenuto riguarda l'infrasuono.

(In alto suono registrato, in basso suono sintetizzato)



Infrasuono sintetizzato

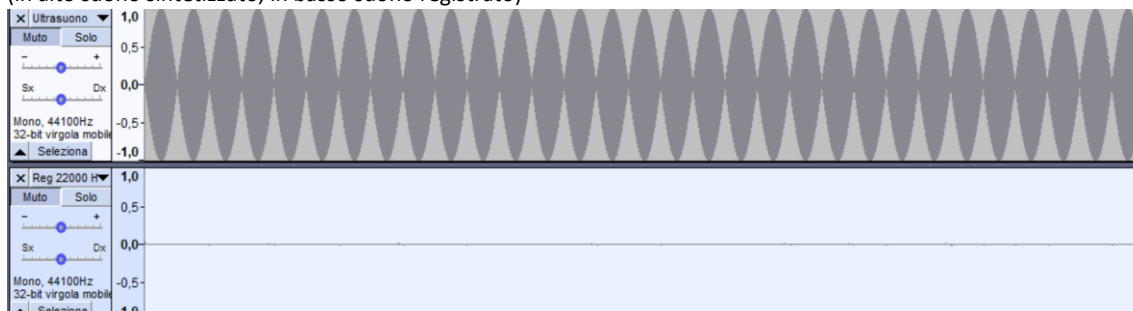


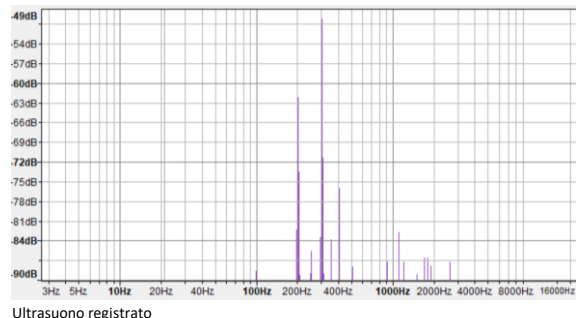
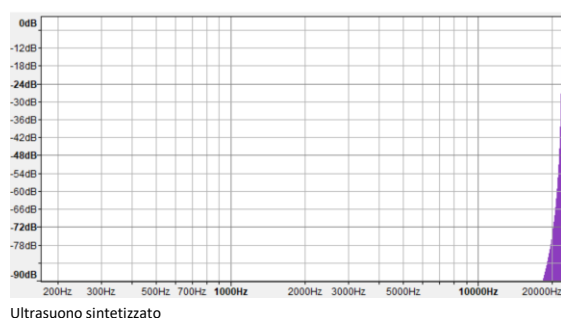
Infrasuono registrato

Dopo aver utilizzato vari filtri e una cospicua riduzione del rumore, siamo riusciti a registrare l'infrasuono, tuttavia il suono appare distorto a causa dell'utilizzo delle amplificazioni: in particolare se nel suono sintetizzato avevamo un'unica frequenza a 18 Hz, nel suono registrato abbiamo un numero maggiore di armoniche a frequenza differente, di conseguenza non è possibile identificare il suono ottenuto come un infrasuono.

#### 2. Il secondo risultato ottenuto riguarda l'ultrasuono.

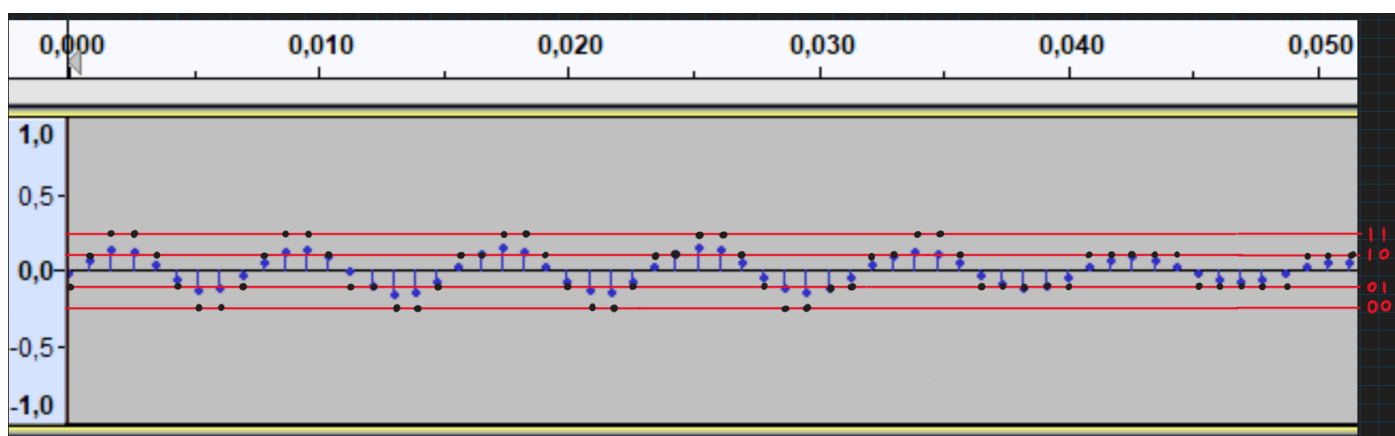
(in alto suono sintetizzato, in basso suono registrato)





In seguito all'applicazione di un filtro passa-alto e alla riduzione del rumore abbiamo constatato che lo strumento utilizzato non è in grado di registrare ultrasuoni, di conseguenza continueremo la nostra analisi di codifica solo sull'infrasuono.

3. Dopo aver quantizzato il segnale registrato ed applicato la codifica, abbiamo ottenuto il seguente risultato:



Utilizzando una codifica a 2 bit, otteniamo un risultato soddisfacente senza un'eccessiva perdita di informazione. Tuttavia, per ottenere un risultato ottimale sarebbe opportuno utilizzare una codifica a 3 o più bit poiché l'approssimazione risulta eccessiva nella parte finale del segnale.

Codifica a 2 bit:

01, 10, 11, 11, 10, 01, 00, 00, 01, 10, 11, 11, 10, 01, 01, 00, 00, 01, 10, 10, 11, 11, 10, 01, 00, 00, 01, 10, 10, 11, 11, 10, 01, 00, 00, 01, 01, 10, 10, 11, 11, 10, 01, 01, 01, 01, 01, 10, 10, 10, 10, 10, 01, 01, 01, 01, 01, 10, 10, 10.