



# Jitter e Alta Risoluzione

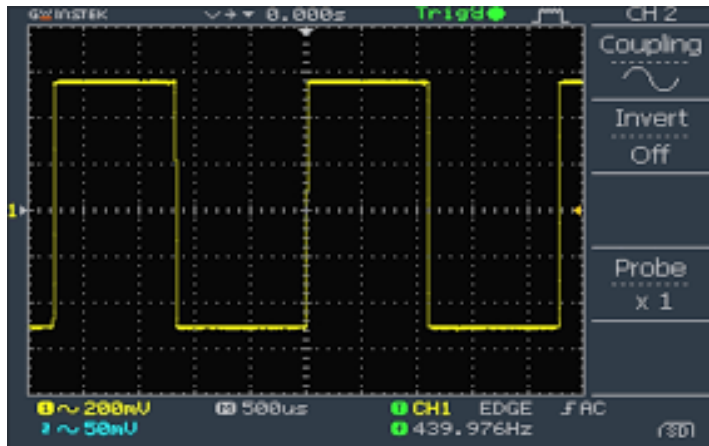
*Lido di Camaiore 27/11/2016*

Cos'è il jitter, come influisce sul suono digitale e come minimizzarne gli effetti.

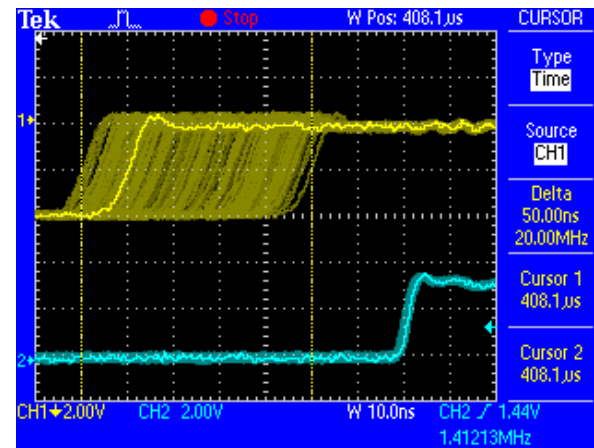
Fatti e leggende metropolitane.

Il jitter è una variabilità a breve termine del clock che temporizza un circuito audio digitale. Tale variabilità fa sì che gli intervalli temporali tra l'acquisizione (conversione A/D) o la presentazione (convertitori D/A) di due campioni audio consecutivi non sia mai perfettamente uguale da campione a campione.

Jitter è una parola inglese che significa "tremito", perché se si raffigura su un oscilloscopio un clock jitterato, esso sembrerà tremolare sullo schermo.

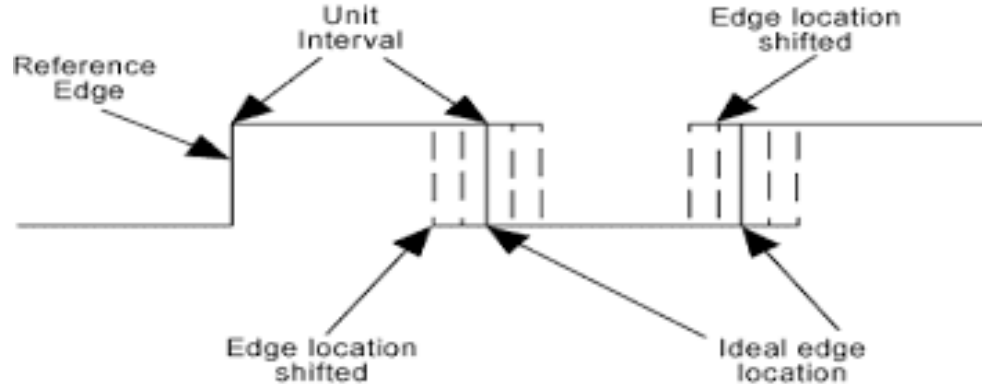


**Clock privo di jitter**



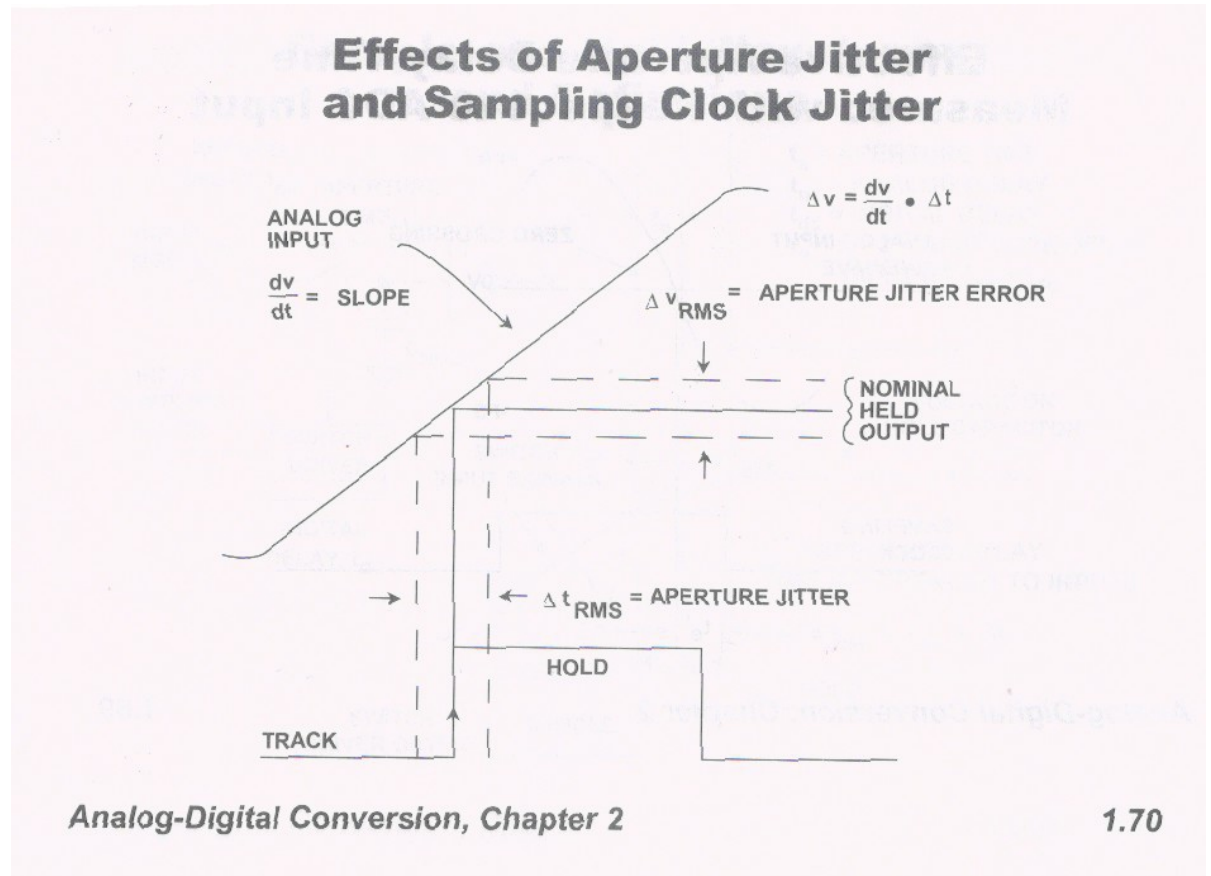
**Clock affetto da jitter**

Come si vede dall'immagine che segue, in riferimento ad un clock ideale, privo di jitter, l'effetto del jitter su un clock reale è quello di anticipare o ritardare, in modo del tutto arbitrario, ciascun fronte.



Di per sé, il jitter non sarebbe particolarmente problematico per il circuito audio, se non fosse che esso funge da temporizzazione per l'acquisizione o la presentazione dei campioni audio.

Se prendiamo in considerazione un convertitore A/D, l'effetto del jitter sul clock che temporizza l'acquisizione del campioni si manifesta come una sequenza di acquisizioni in tempi "sbagliati", come mostrato nella figura accanto.





# Jitter e Alta Risoluzione

*Lido di Camaiore 27/11/2016*

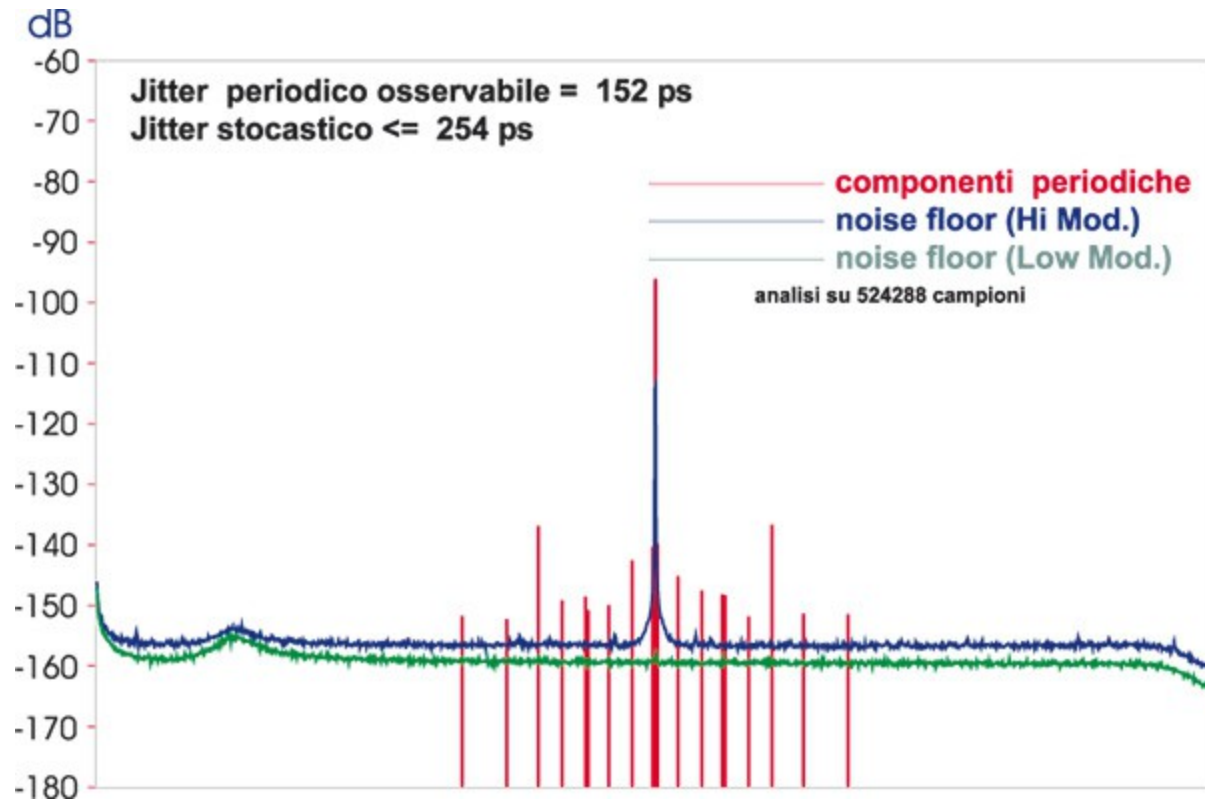
L'effetto pratico del jitter sul suono è l'aggiunta di rumore di fondo e di segnali spurii. Questi due artefatti riducono la risoluzione effettiva del sistema di conversione. Tanto più alto è il jitter, tanto minore sarà la risoluzione effettiva del sistema audio digitale in esame.

Non è però possibile, in prima analisi, caratterizzare il jitter tramite il rumore di fondo del convertitore, in quanto:

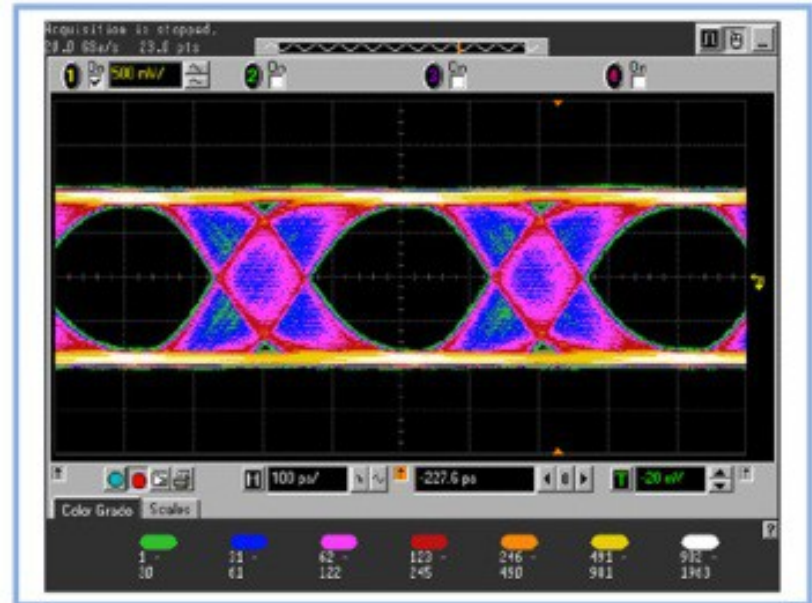
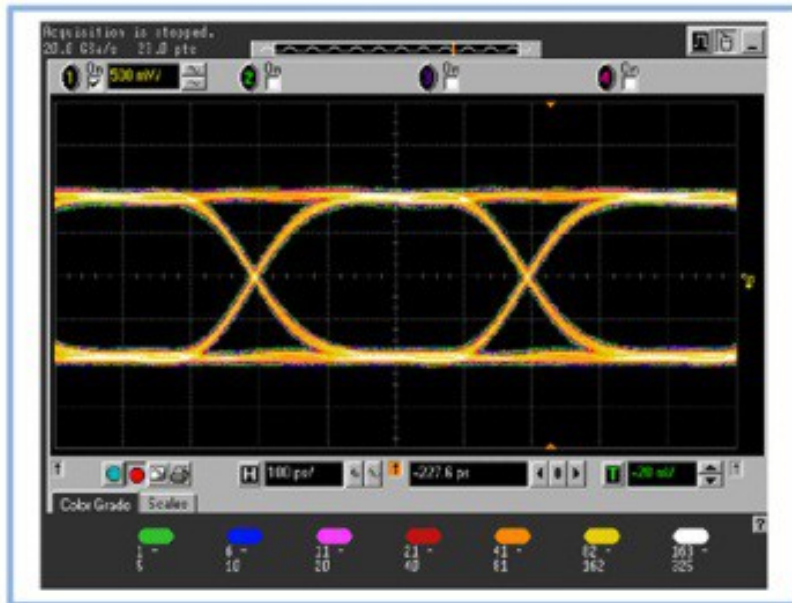
1) Esiste la componente termica del rumore di fondo che, per risoluzioni elevate, maschera in parte l'effetto del jitter;

2) A rigore, l'effetto del jitter si accompagna al segnale e pertanto tende a mescolarsi con gli effetti delle non-linearità intrinseche del convertitore. Dunque, quanto più basso è il jitter, tanto più facilmente si “nasconde”.

Vari laboratori, tra cui quello della famosa testata americana **Stereophile** e di quella italiana **Audio Review**, hanno sviluppato metodologie di misura del jitter, che permettono anche di distinguere tra jitter periodico (responsabile delle spurie) e jitter stocastico (responsabile dell'innalzamento del rumore di fondo).



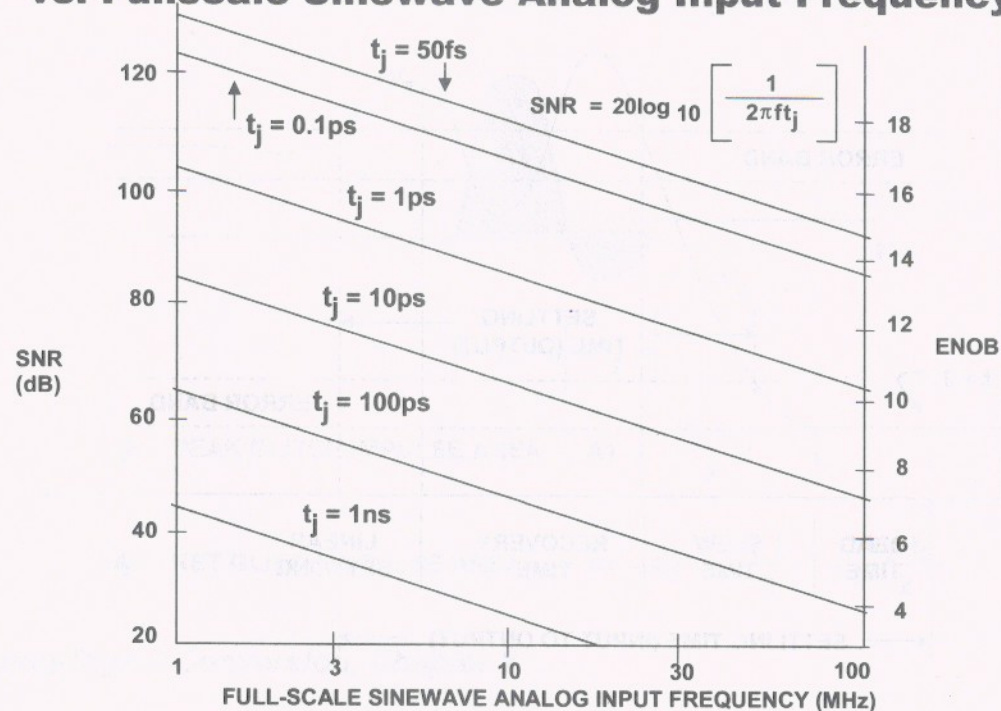
Le misure accennate nella precedente diapositiva richiedono la disponibilità di un analizzatore audio. In assenza di questo, è possibile ricavare una misura qualitativa del jitter di un segnale dati audio con un oscilloscopio tramite la tecnica del cosiddetto “diagramma ad occhio”, qui sotto riportato ad esempio.





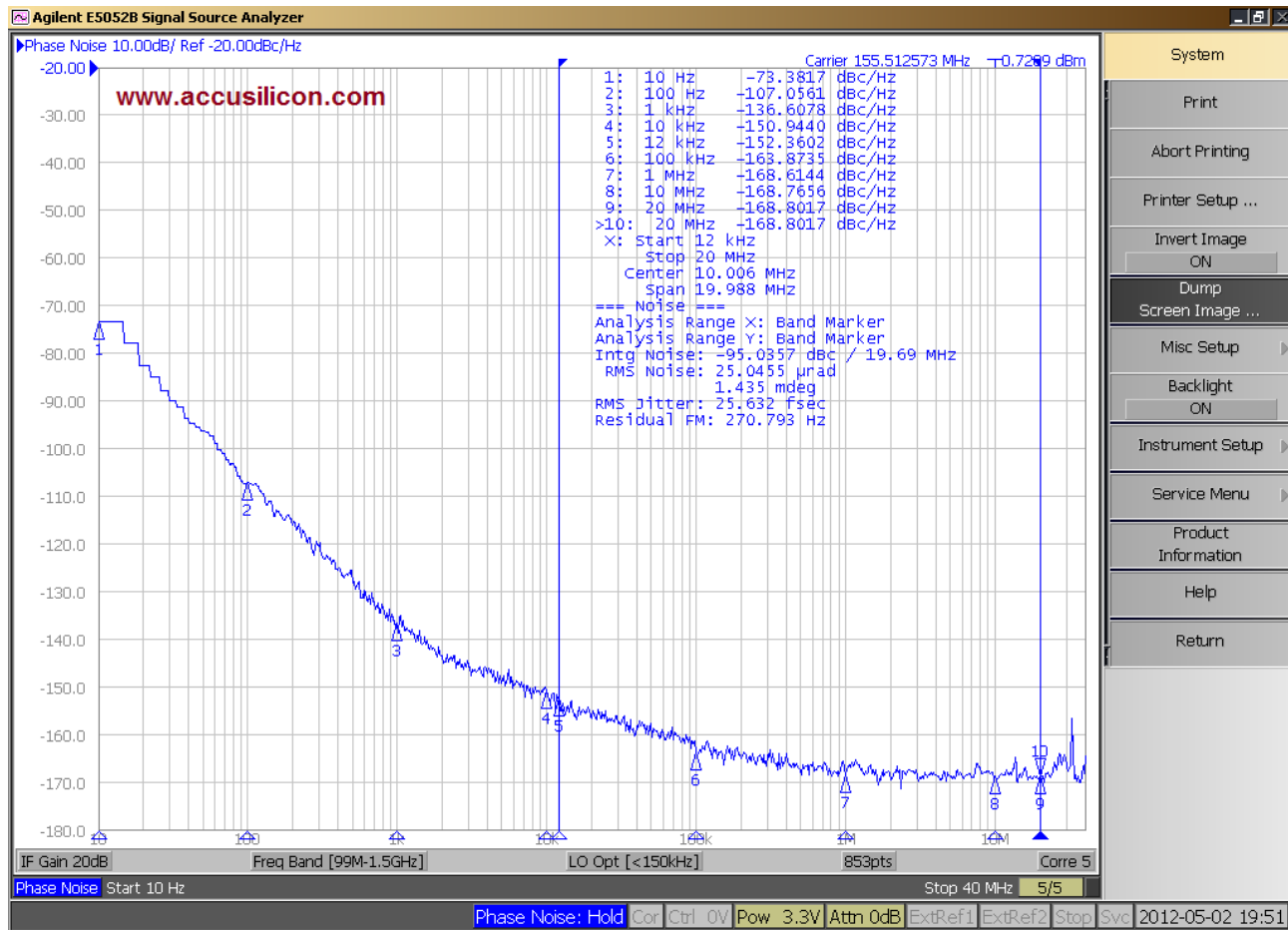
C'è una relazione precisa tra il jitter e la massima risoluzione teoricamente ottenibile da un sistema audio digitale? Sì, come esplicito nel grafico sotto.

**Theoretical SNR and ENOB Due to Jitter vs. Fullscale Sinewave Analog Input Frequency**





Il jitter di un clock è in effetti una misura sperimentale di una grandezza che caratterizza il clock stesso, cioè il rumore di fase (phase noise) dell'oscillatore che genera il clock.





# Jitter e Alta Risoluzione

*Lido di Camaiore 27/11/2016*

Il rumore di fase è a tutti gli effetti il risultato di una indesiderata modulazione dell'oscillatore da parte di disturbi interni ed esterni all'oscillatore, secondo meccanismi affini a quelli sfruttati nella trasmissione radio.

Quali sono le cause del rumore di fase in un oscillatore al quarzo?

- 1) Rumore termico dei componenti attivi e passivi costituenti il circuito di oscillazione;
- 2) Ronzio residuo dell'alimentazione;
- 3) Vibrazioni meccaniche.

Il livello del jitter di un clock può anche aumentare successivamente all'uscita dall'oscillatore. In particolare, ogni volta che il clock attraversa un gate logico o un qualunque circuito, il suo jitter aumenta.



# Jitter e Alta Risoluzione

*Lido di Camaiore 27/11/2016*

Cosa si può fare per ridurre il jitter in un sistema audio digitale?

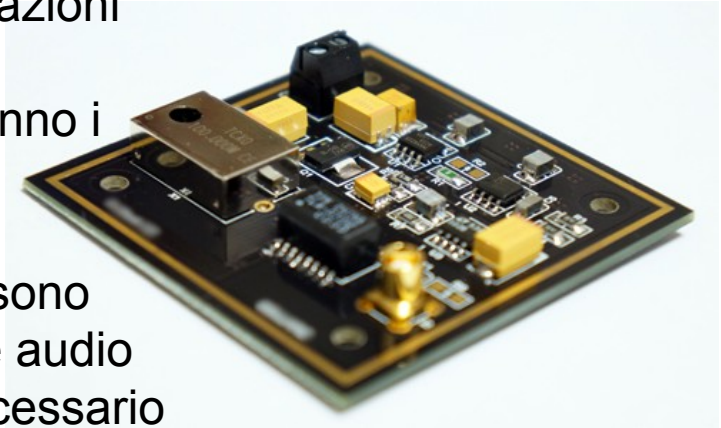
- 1) Curare al massimo le alimentazioni per minimizzare i residui di alternata ed il rumore termico. Ciò vale sia per l'alimentazione degli oscillatori, che per quella di tutti i circuiti attraversati dal clock o che ne fanno uso.
- 2) Ridurre al minimo indispensabile il numero di gate attraversati dal clock, in quanto ogni gate aggiunge jitter.
- 3) Proteggere le tracce che portano i clock con opportune schermature di massa, in modo da minimizzare l'accoppiamento di segnali di disturbo da altre porzioni del circuito
- 4) Usare oscillatori a basso rumore di fase.

Ha senso utilizzare dispositivi di generazione del clock a bassissimo rumore di fase quali oscillatori al rubidio, oscillatori OCXO e schede femto-clock?

Dipende dalla qualità del circuito e delle alimentazioni in cui vengono utilizzati: se essi degradano le prestazioni dei componenti “speciali”, si perderanno i vantaggi ad essi legati.

Nel caso degli oscillatori al rubidio, inoltre, essi sono raramente, forse mai, disponibili nelle frequenze audio (cioè multiple di 44.1kHz e 48kHz), per cui è necessario sintetizzarle a partire dalle frequenze disponibili (in genere 10MHz e 27MHz) tramite PLL che a loro volta introducono rumore di fase.

Nella maggior parte dei casi, un buon TCXO è più che sufficiente ad ottenere le massime prestazioni permesse dal circuito.





Jitter e Alta Risoluzione

*Lido di Camaiore 27/11/2016*

**Grazie per l'attenzione!**

Marco Manunta

M2Tech