

MARZO 91 - L. 6.000

**CO**  
elettronica

**RadioAmatori  
Hobbistica • CB**

MVT-5000

**YUPITERU  
SCANNERS**

MVT-6000



N. 291 - pubblicazione mensile - sped. in abb. post. gr. III/70 - N. 3



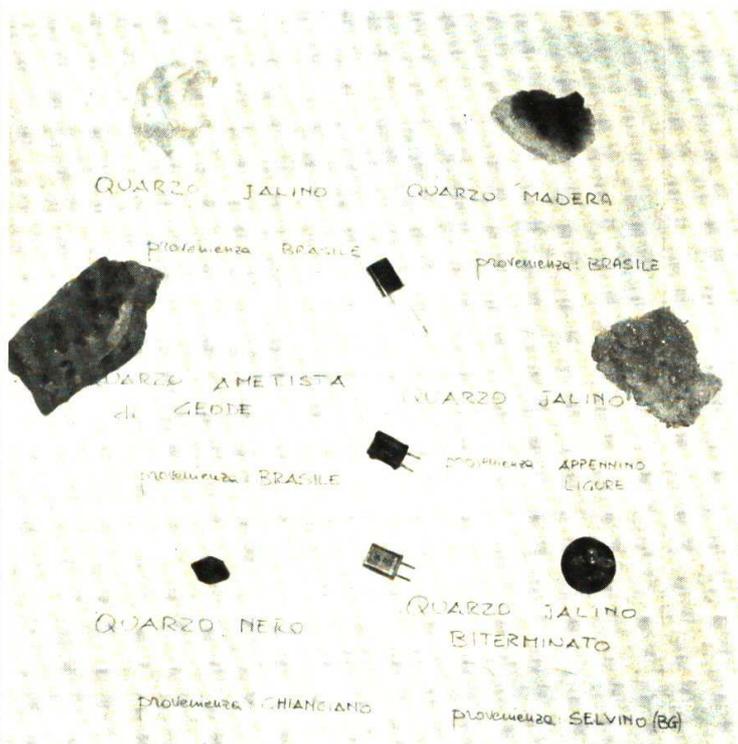
# Le mani in pasta

Giochiamo con i quarzi.  
Quarzi, PLL, modifiche per un baracchino senza segreti

• Paolo Lasagna •

1ª parte (segue sul prossimo numero)

**Voglio presentarvi alcune semplici modifiche, indipendenti dal circuito del vostro RTX, per poter spaziare sulle frequenze con modica spesa e con facili interventi. A tale scopo vi illustrerò cosa si nasconde dentro l'involucro di un quarzo e dentro all'integrato del PLL.**



**foto 1**  
Panoramica di quarzi: minerali e piezo-oscillatori.

Qualche settimana fa, ho ricevuto una lettera da un lettore di Roma, che può essere così sintetizzata: “Ho un RTX da 40 canali e faccio fatica a trovarne uno libero.

Cosa posso fare?”. Capirete che non posso proporre al nostro collega di cambiare apparato oppure di fare una telefonata. Tra le righe della lettera si poteva intravedere la voglia di “smanettare”.

Pensa e ripensa sono arrivato a conclusioni molto curiose ed al tempo stesso interessanti.

Tuttavia, prima di presentarvele, desidero spiegarvi cosa sta dietro al fatidico commutatore dei canali.

Inizio subito dal quarzo. Spero di fare cosa gradita, in quanto mi sono accorto che è molto difficile trovare trattazioni sui quarzi.

Il materiale, che compone il quarzo, è il biossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ ), che è caratterizzato da un fenomeno detto piezoelettricità.

Questa sua proprietà può essere così descritta.

Esistono in natura materiali che, sollecitati meccanicamente, generano cariche elettriche che si localizzano sulla superficie.

Ovviamente, vale anche il viceversa: uno stimolo elettrico superficiale causa deformazioni meccaniche.

Quest'ultima proprietà è quella che ci accingiamo a sfruttare. È importante dire che abbiamo a che fare con un risonatore meccanico, i cui spostamenti sono dell'ordine del milionesimo di me-

tro, con conseguenti accelerazioni pari a circa 10000 g (dove il g rappresenta l'accelerazione di gravità:

$1 g = 9.8 m \cdot s^{-2}$ ).

È subito possibile farsi un'idea dei fenomeni "spaventosi" che avvengono dentro al nostro involucro.

Tutti noi conosciamo i pregiati cristalli di quarzo brasiliano. Sono, senza dubbio, i più belli, caratterizzati dalla loro ottima qualità, nonché del prezzo elevato.

Ecco perché da qualche decina d'anni si fa ricorso ai cosiddetti quarzi sintetici o coltivati.

Spiegarvi come si fa e perché si fa così non è semplice.

Vediamo in parole povere che cosa accade.

Si ha un cilindro di acciaio molto robusto di diametro approssimativo 1 m, profondità 5 m e spessore tipico delle pareti circa 50 cm.

Esso è chiuso da una parte, mentre dall'altra presenta una robusta filettatura.

Viene posto sottoterra per due motivi:

- 1) potrebbe esplodere;
- 2) migliora l'isolamento termico.

La spiegazione sarà chiara proseguendo con l'articolo.

Il fondo del cilindro è riempito di polvere di quarzo ed acqua. Viene, quindi, calata dall'alto un'asta che presenta diversi piani di raggi.

All'estremità di ogni raggio si trova un gancetto al quale viene appeso un piccolo cristallo di quarzo naturale detto "seme". Tutto il cilindro viene riempito d'acqua con in sospensione opportuni sali e quindi si comincia ad avvitarlo il tappo.

Man mano che si avvita, la pressione all'interno del cilindro aumenta a valori "enormi".

Pensate che si raggiungono le **1500 Atmosfere**, mentre i pneumatici delle nostre automobili vengono gonfiati a circa 2 e gli utensili ad aria compressa lavorano a circa 10.

Quando il tutto è in pressione si ha un riscaldamento a circa 700° C (con ulteriore conseguente aumento della pressione) che vengono mantenuti costanti per circa un mese.

A questo punto la temperatura viene fatta diminuire nel modo più possibile costante. La diminuzione può essere dell'ordine di circa 1/10° C al giorno.

Come avrete potuto notare, nel cilindro, si ha una soluzione satura di SiO<sub>2</sub>.

In pratica, accade quello che tutti noi abbiamo osservato stupiti da bambini facendo evaporare acqua e sale: **si formano cristalli**.

Nel caso del quarzo, però, si verifica un fatto molto importante.

I cristalli che si formano mantengono la stessa struttura cristallina (disposizione assiale) del seme.

Va notato, che sbalzi di temperatura anche lievi portano ad irregolarità del cristallo.

Dopo diversi mesi (dati dalla durata del processo) si hanno cristalli lunghi fino a 5 cm.

A questo punto è necessario il taglio del quarzo.

Per tagliare un quarzo occorre caratterizzarlo meccanicamente. A tale scopo si è appurato che tutte le proprietà chimiche, fisiche ed elettriche sono in qualche modo riconducibili a 3 assi cristallografici: asse Z: verticale

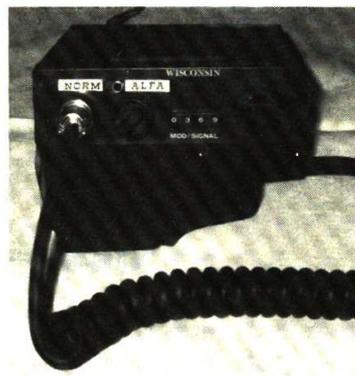
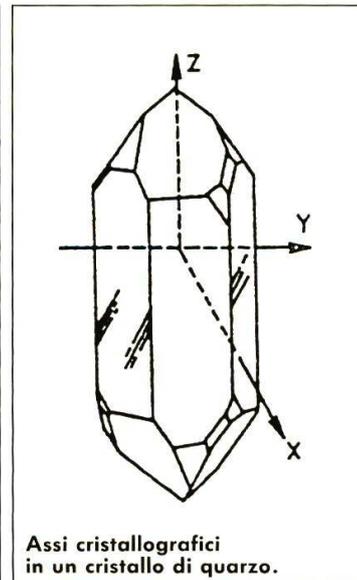


foto 2  
Lafayette Wisconsin: frontale modificato.



Assi cristallografici in un cristallo di quarzo.

asse X: passa per uno spigolo  
asse Y: passa per una faccia.  
La descrizione matematica è però pesantissima, quindi si preferisce affidarsi all'abilità dell'uomo ed a strumenti di alta precisione per il taglio e la finitura superficiale a specchio.

Ora il nostro quarzo è tagliato ed è pronto a funzionare. Ma come oscilla?

I modi di oscillazione sono tantissimi.

Quelli possibili sono: di spessore, di lunghezza, di torsione più scorrimento e così via.

Non voglio dilungarmi anche perché le continue ricerche portano spesso alla scoperta di nuovi modi.

Il quarzo va in qualche maniera fissato.

Si parla, allora, di ancoraggi (o supporti) meccanici che devono garantire quanto segue: robustezza; evitare autoscillazioni; consentire meccanismi di conduzione del calore.

È ovvio che occorre trovare un compromesso essenzialmente in funzione alla frequenza di lavoro e alla robustezza.

Ma come eccitare il quarzo affinché oscilli?

Servono le metallizzazioni!  
Questa operazione è fatta su

due facce opportune alle quali sono collegati anche due sottili fili che consentono il collegamento al mondo esterno.

Possiamo ora analizzare lo schema equivalente del nostro quarzo:

$C_1, L_1, R_1$ , caratterizzano il dispositivo.

$C_0$  è la capacità elettrostatica fra le armature e può essere misurata anche a B.F.

$C_p$  sono capacità parassite.

È importante sottolineare che questo è SOLO un circuito equivalente.

I componenti rappresentati sono l'effetto di componenti distribuiti e non concentrati, i cui valori sono molto "strani".

In genere si ha:

$$C_1 = 0.001 \text{ pF}$$

$$L_1 = 100 \text{ H}$$

$$R_1 = 30 \text{ } \Omega$$

Il fattore di merito  $Q$  del quarzo è definito come segue.

Se fisso per esempio una frequenza di 1 MHz (ovvero  $\omega = 2\pi f = 2 \cdot \pi \cdot 1.000.000$ )

$$Q = \frac{\omega L_1}{R_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1.000.000}{30} \cdot 100 \cong 20.000.000$$

(nota: il  $Q$  può anche essere calcolato come  $Q = \frac{1}{\omega C R_1}$ ).

È decisamente ENORME!!! Ritengo interessante offrirvi un grafico dell'andamento dell'impedenza al variare della frequenza.

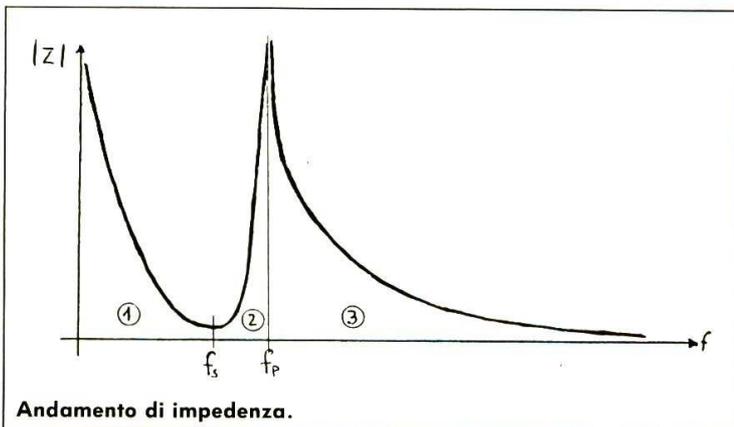
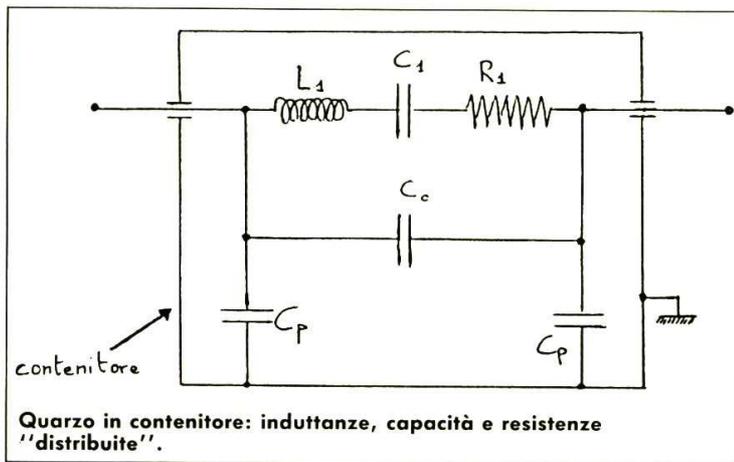
Si possono identificare 3 zone con comportamenti diversi:

- 1) capacitivo
- 2) induttivo (va notato come l'ampiezza di questa zona sia molto ridotta)
- 3) capacitivo.

In corrispondenza di  $f_s$  (frequenza di risonanza serie) si ha come impedenza propria  $R_1$ , mentre ad  $f_p$  (frequenza di risonanza parallelo) si ha circa un circuito aperto.

Ad elevate frequenze si ha un corto circuito per effetto di  $C_0$ .

Fornisco ora le formule per



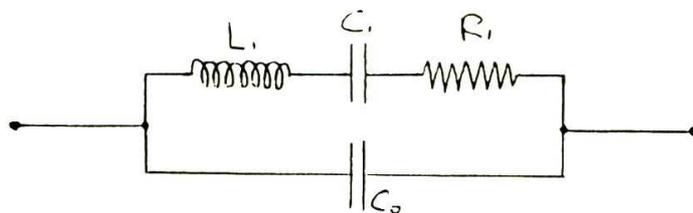
calcolare  $f_s$  e  $f_p$  (trascurando le due  $C_p$ ) per il circuito che segue:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot \frac{C_1 \cdot C_0}{C_1 + C_0}}}$$

Ovviamente, queste due formule si adattano a tutti quei risonatori aventi struttura assimilabile a quella sopra e non solo ai quarzi.

Attenzione! Per un risonatore LC il fattore di merito  $Q$  non sarà più grande come prima! Ciò implica avere una banda molto più larga che non con il quarzo.



**Distribuzione RLC semplificata in un cristallo di quarzo.**

Penso che ora vi sarà chiaro come mai un buon ricevitore usa filtri ceramici (dal comportamento uguale al quarzo: ne varia solo l'uso) doppi od addirittura tripli per avere selettività molto spinte.

I lettori più smaliziati si chiederanno ora: ma un quarzo non ha armoniche o spurie? Ebbene si sappia: Le possiede entrambe!

Questo fatto può essere sia positivo sia negativo.

Cominciamo con i difetti.

Un'armonica o una spuria potrebbe far sì che il nostro oscillatore lavori ad una frequenza diversa da quella voluta.

Il problema si risolve facilmente utilizzando oltre al quarzo un risonatore LC che funge da filtro passa banda centrato sulla frequenza richiesta.

Va, comunque, detto che all'aumentare della frequenza, spurie ed armoniche si attenuano sensibilmente.

I vantaggi possono essere riassunti dalla parola overtone, ovvero funzionamento in armonica (overtone = oltre la frequenza primaria).

Infatti, i quarzi difficilmente possono essere tagliati con fondamentale a frequenza maggiore di una ventina di MHz per problemi di fragilità.

È quindi possibile concludere che un quarzo overtone è un quarzo "cattivo" per quanto riguarda la fondamentale.

Il comportamento in armonica (in genere 3° oppure 5° o anche 7°) viene esaltato con posizionamenti opportuni dei supporti.

La chiacchierata è quasi conclusa.

Restano da analizzare il comportamento con la temperatura e l'invecchiamento.

Va notato che un buon quarzo risente poco delle variazioni di temperatura.

I possibili andamenti sono due: parabolico e cubico.

Per entrambi è possibile identificare una zona di minima

deriva (ossia di massima stabilità).

Per sfruttare questa zona si hanno diversi metodi.

Si parla di:

OXCXO (Oven Controllet Xtall Oscillator).

In questa categoria rientrano tutti i tipi termostatati.

Si raggiungono elevate stabilità, ma bisogna spendere potenza.

TCXO (Temperature Compensated Xtall Oscillator).

Dopo aver ricavato la curva dell'andamento in temperatura del quarzo, è possibile correggerla facendo uso di dispositivi simili al VCO che agiscono direttamente sul quarzo.

Le prestazioni sono ancora buone, la potenza spesa è decisamente bassa, purtroppo ogni singolo quarzo va caratterizzato termicamente.

Passiamo all'invecchiamento. Si è osservato che la frequenza di oscillazione di un quarzo aumenta all'incirca di un fattore  $3 \cdot 10^{-9}$  al giorno.

Il motivo non è noto, alquanto discusso e interessante.

Si hanno solo molte ipotesi.

L'ipotesi più plausibile è forse quella che attribuisce la causa dell'invecchiamento a fenomeni di migrazione ionica dovuta alle metallizzazioni.

Questi ioni alterano la struttura del reticolo e, quindi, i modi di oscillazione.

Va, comunque, ricordato che è solo un'ipotesi.

Basta con i quarzi.

Vediamo il modo di sfruttare questa peculiare stabilità co-

me riferimento nel nostro RTX.

Prima di entrare nel vivo dei PLL diamo un'occhiata al nostro passato e vediamo cosa si faceva prima dell'avvento degli oscillatori ad aggancio di fase.

Nei "vecchi" baracchini si avevano 3 banchi di quarzi: uno per la ricezione, uno per la trasmissione ed un terzo (detto master) in comune ai due.

Questi tra banchi di quarzi venivano opportunamente connessi fra loro, originando battimenti che (filtrati con gruppi LC risonanti sui 27 MHz) fornivano le frequenze usate in banda CB.

Per vostra curiosità vi propongo la seguente tabella, relativa al TOKAI 5008.

a:37.600 a':10.635 a'':10.180

b:37.650 b':10.625 b'':10.170

c:37.700 c':10.615 c'':10.160

d:37.750 d':10.595 d'':10.140

e:37.800

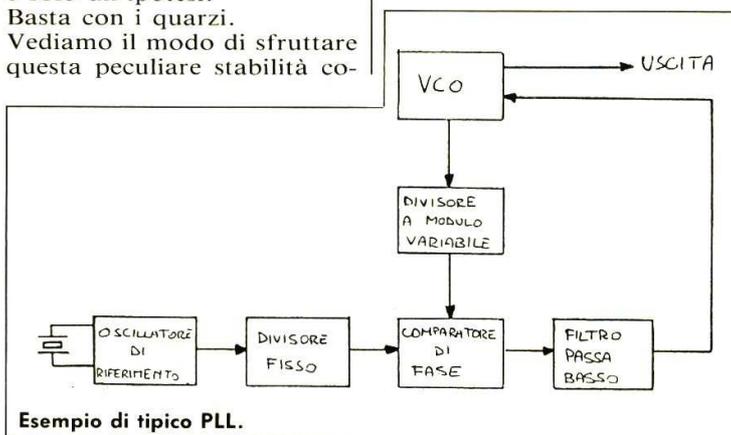
f:37.850

I quarzi a' e a'', b' e b'' lavorano sempre in coppia.

Collegando una coppia ad uno dei 6 del gruppo master si ottengono le frequenze di trasmissione e di ricezione del canale desiderato. Per ottenere i canali alfa occorre sostituire d' e d' con i quarzi 10.605 MHz e 10.150 MHz.

Torniamo al presente.

Per il PLL osserviamo questo schema



Esempio di tipico PLL.

LE MANI IN PASTA

Il grafico rappresenta un PLL (Phase Locked Loop) ossia in oscillatore ad anello agganciato in fase.

Il quarzo funziona come riferimento stabile e viene diviso per una quantità fissa.

Il VCO (Voltage Controlled Oscillator) è un oscillatore la cui frequenza è controllata da un'opportuna tensione di comparazione.

La frequenza che esce dal VCO è inviata ad un divisore a modulo variabile, comandato dal commutatore dei ca-

nali, come da tabella proposta in un mio precedente elaborato su CQ 3/88.

Queste due frequenze vanno al comparatore di fase dal quale esce una tensione di errore che, opportunamente filtrata (per non avere strani picchi che causerebbero malfunzionamenti), pilota il VCO.

Appare, quindi, evidente che la frequenza di uscita del VCO ha la stessa stabilità del quarzo.

Purtroppo possiamo avere

soltanto "salti" di frequenza, in funzione del numero impostato.

Per svincolarci dalle classiche canalizzazioni abbiamo due vie:

1) agire sul commutatore dei canali e, quindi, sul divisore a modulo variabile (vedi mio articolo precedentemente citato);

2) agire sul quarzo.

Noi seguiremo quest'ultima via sul prossimo numero.

**CQ**