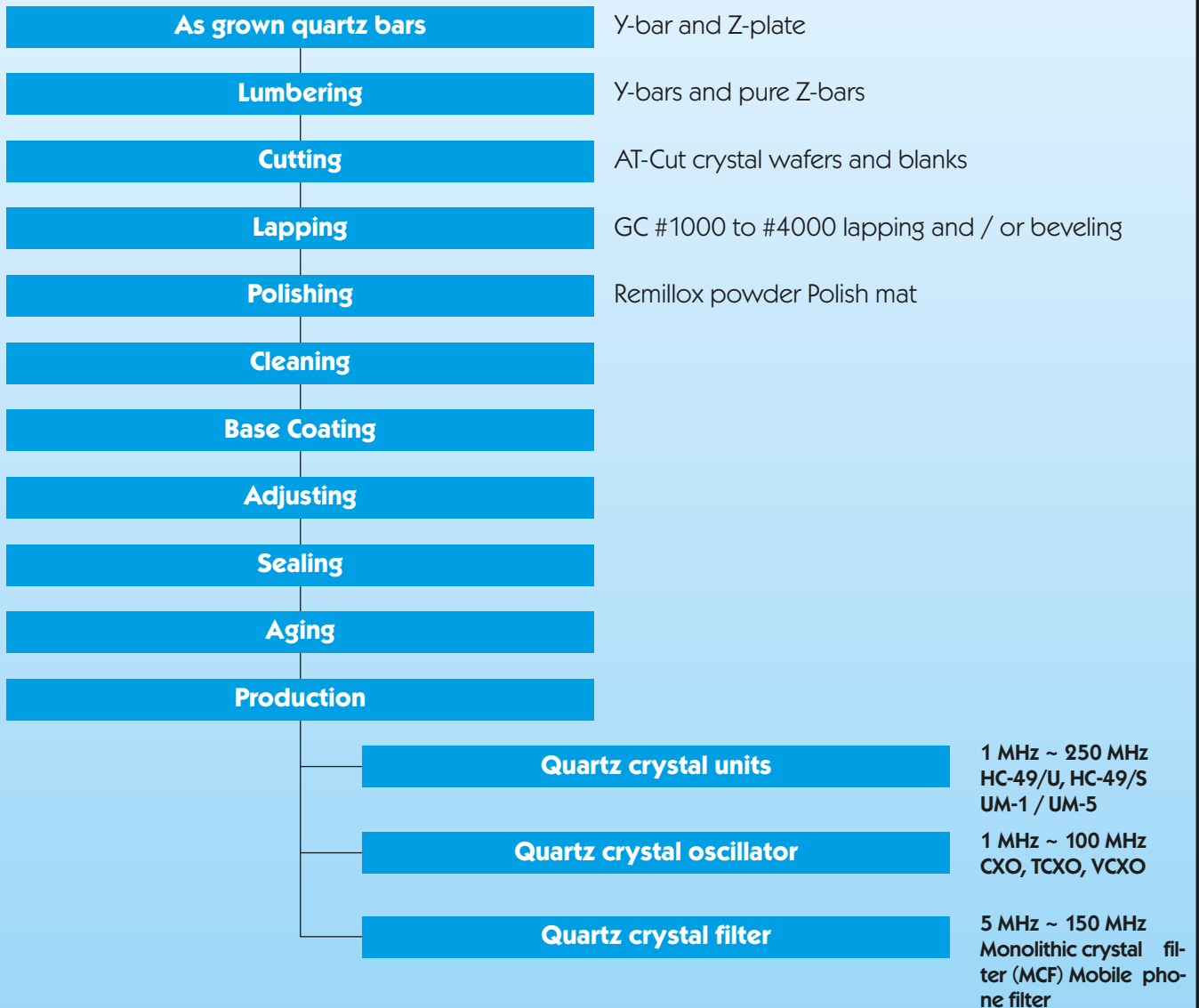


QUARZ CRYSTAL

DSL Corporation has been a leading quartz crystal producer in China since 1983. DSL's main products are Quartz Crystal Units, Oscillators and Filters. The full scale operations include every step from purchasing the raw materials as grow quartz crystal bars through lumbering, cutting, lapping and other finishing steps to the finished quartz crystal units, oscillators and filters. The manufacturing process flow is shown below, for your reference.

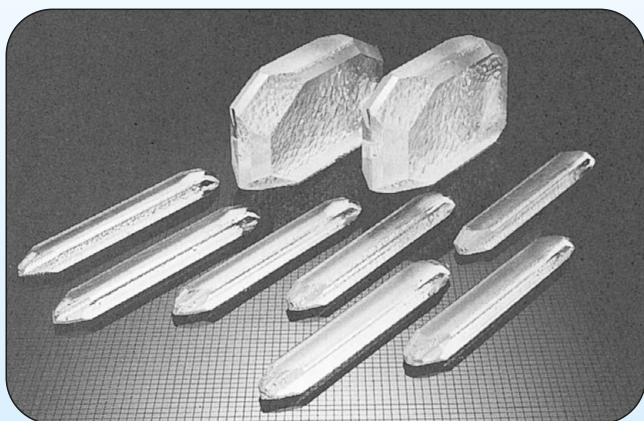


*Crystals...
and more*



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*

QUARZ CRYSTAL



Quarz – chemisch spezifiziert als SiO_2 (Siliziumdioxid), ist ein piezoelektrisches Material in einer kristallinen Form. Mechanischer Einfluß auf die kristalline Struktur verursacht elektrische Ladungsverschiebungen auf ihrer Oberfläche und umgekehrt. Diese piezoelektrische Charakteristik des Minerals, zusammen mit der Stabilität der physikalischen Parameter führt dazu, daß der Stoff zu dem wichtigsten Rohmaterial für die Herstellung frequenzbestimmender und frequenzselektierender Bauteile wie Schwingquarze, Quarzoszillatoren, Filter und sonstigen Taktgebern wurde seit über 50 Jahren.

Da der Rohstoff für diese Schwingungsgeber nur selten in der Natur vorkommt, wird er heute fast ausschließlich synthetisch für industrielle Anwendungen hergestellt.

Der synthetische Quarzrohstoff wächst regelrecht in sog. „Autoclaves“ bei ca. 400 °C und Drücken von ca. 10.000 N/cm². Entscheidend für die spätere Güte (Q-Factor) des Quarzes und seiner Stabilität ist u.a. die Reinheit des SiO_2 .

Das **Quarzblank**, die geschliffene Quarzscheibe, ist der wesentliche Teil des fertigen Quarzbauteiles in einem hermetisch dichten Gehäuse (sog. Cap.), gefaßt von zwei Electroden (sog. Base), verschlossen unter Stickstoffatmosphäre (N_2), um Umwelteinflüsse und Oxidation durch Luftsauerstoff gering zu halten, somit günstiges Alterungsverhalten und langlebigen Einsatz bei hoher Stabilität zu gewährleisten.

Elektrisch gesehen verhält sich ein Quarz in einer Schaltung wie ein Schwingkreis in Resonanz, also z. B. wie ein Schwingkreis bestehend aus Spule und Kondensator, nur mit dem Unterschied, daß der Quarz eine ganz geringe Dämpfung aufweist, also einen wesentlich höheren Q-Factor im Vergleich zu einer anderen Schwingkreisschaltung besitzt.

Diese sehr geringe Dämpfung stellt jedoch wiederum einige Anforderungen an die Beschaltung des Quarzbauteiles, um seine günstigen Eigenschaften wie leichtes Anschwingverhalten, hohe Stabilität, kleine Temperaturdrift und minimale Dämpfung nicht zu beeinträchtigen.

Unsere Quarzbauteile, ob Fundamental Quarz oder Obertonquarz, eignen sich für alle Anwendungen, wo Schwingungsgeber benötigt werden, u.a. für Microprozessortaktung, Funkgeräte, Telephone, Radio- und Fernsehgeräte, Fahrzeuge, Flugzeuge, etc.

Unsere Quarze sind verfügbar als:

- Standard- und Sonderfrequenzen
- bedrahtet oder oberflächenmontierbar
- kleinste Frequenztoleranzen (Streuungen)
- geringste Temperaturkoeffizienten
- erweiterte Temperaturbereiche
- Sondergehäuse
- Anschlüsse gesickt, gecrimpt, gebogen oder geschnitten
- Verpackungen neben lose auch radial gegurtet, geblistert, auf Rolle oder im Ammo Pack.

Quarze werden, neben der Hauptanwendung von Schwingungserzeugung, wegen des linearen Temperaturverlaufes auch verwendet zur Messung von Temperaturen. Eine neue Anwendung stellt die Erkennung von Gasen dar aufgrund minimaler Frequenzänderung bei unterschiedlicher Gasumgebung um das „Blank“.

*Crystals...
and more*



*Digital electronic
Siegfried Lehrer GmbH*

Digital Electronic Siegfried Lehrer GmbH

Rudolf-Wanzl-Str. 3+5 · 89340 Leipheim / Germany

+49 (0) 82 21 / 7 08 - 0 · Fax +49 (0) 82 21 / 7 08 - 80 · digital@digitallehrer.de

QUARZ CRYSTAL

DEFINITION

1.) Frequenz

Die Frequenz – auch oft Nennfrequenz, Mittenfrequenz oder Nominalfrequenz genannt – ist die Zahl der Schwingungen bei Resonanz auf die das Blank abgeglichen ist unter Verwendung einer bestimmten Lastkapazität, die dem Quarz über Elektroden „angehängt“ wird, und die diejenige Kapazität simuliert bzw. ersetzt, die er später in seiner endgültigen Schaltung erhält. Die Frequenz wird in Hertz (Hz), Kilohertz (kHz) oder Megahertz (MHz) angegeben. Der Frequenzabgleich hat eine gewisse Streuung.

2.) Frequenztoleranz (Streuung)

Die Frequenztoleranz, oft auch Calibration oder Deviation genannt, ist die max. zulässige Abweichung von der Nominalfrequenz des Quarzes, gemessen bei Raumtemperatur (25° C).

Die Frequenztoleranz wird in \pm ppm (10^{-6}) angegeben, bezogen auf die Nominalfrequenz (also 1 Schwingung pro 1 Megahertz!).

Die Streuung ist eine statistische Größe, die der Normalverteilung folgt. Quarze, die außerhalb einer geforderten Frequenztoleranz liegen, werden nach Messung ausgesiebt.

Die Frequenztoleranz wird durch eine 100% Messung aller gefertigten Teile festgestellt und selektiert.

3.) Temperaturkoeffizient

Der Temperaturkoeffizient, oft auch Temperaturdrift genannt, ist die max. zulässige Abweichung der tatsächlichen Frequenz über einen festzulegenden Temperaturbereich (z. B. -10° C bis +60° C) bezogen auf die Nominalfrequenz des Quarzes.

Der Temperaturkoeffizient ist abhängig u.a. von der Reinheit des Rohstoffes SiO₂, von der Maßhaltigkeit des Schnittwinkels durch die Gitterstruktur des Minerals und von der Art des Schnittes (z. B. AT-CUT, BT-CUT, CT-CUT, etc.)

4.) Schnittwinkel

■ AT-CUT

Ein empirisch gefundener Schnittwinkel durch eine Gitterstruktur des SiO₂ Materials zeigt außergewöhnlich stabiles Temperaturverhalten, symmetrisch zur Raumtemperatur von 25° C. Dieser Schnittwinkel wird AT-CUT genannt.

Der AT-CUT wird am meisten verwendet wegen seines günstigen Temperaturkoeffizienten, läßt sich jedoch nicht für jede Frequenz darstellen. AT-CUT Quarze sind theoretisch zwischen 700 kHz bis ca. 80 MHz herstellbar, wobei AT-CUT im Fundamental-Mode bis 36 MHz herstellbar ist, darüber in entsprechenden Obertönen. Das Schaltungsdesign im Oberton bedarf etwas höheren Aufwandes.

■ BT-CUT

Der BT-CUT Quarz hat eine nach unten geöffnete parabolische Charakteristik (also stets negative Abweichung von der Nominalfrequenz) und keinen so günstigen Temperaturkoeffizienten wie AT-CUT Quarze.

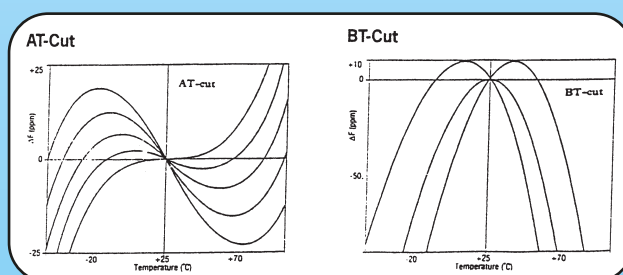
Der Temperaturkoeffizient wird in -... ppm/°C² angegeben.

Für hohe Frequenzen, die im Fundamental-Mode betrieben werden sollen, kommen BT-CUT Quarze zum Einsatz.

■ CT-CUT

CT-CUT Quarze haben ebenfalls eine parabolische Temperaturcharakteristik mit stets negativen Temperaturkoeffizienten. Sie werden meist für niedrige Frequenzen im kHz-Bereich verwendet, am häufigsten für Uhrenquarze und Funkuhrquarze sowie für Sonderanwendungen.

*Crystals...
and more*



QUARZ CRYSTAL

MODE OF VIBRATION AND ORIENTATION ANGLE

The vibration modes of crystal units are grouped into flexure, extensional, face shear, and thickness shear. (See table 1).

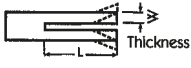



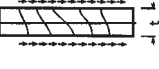
Mode of Vibration		Orientation Angle
Tuning Fork		+2°x
Flexure		XY NT
Extensional		+5°x -18,5°x
Face Shear		DT CT SL
Thickness Shear		AT Fundamental AT 3rd Overtone AT 5th Overtone AT 7th Overtone BT Fundamental

Table 1 shows the relationship between the mode of vibration, orientation angle and length or thickness dimensions. The mode of vibration and orientation angle usable for the desired frequency are determined from this table.

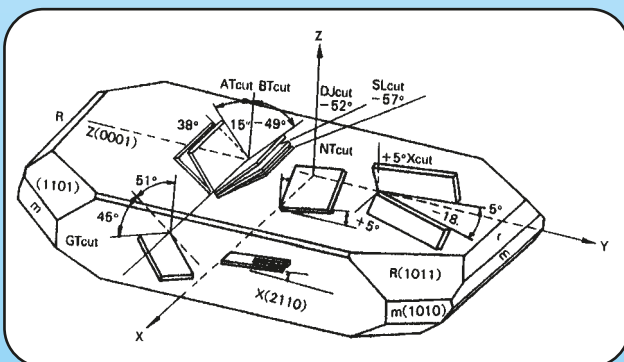


Fig.1 Orientation angle of a Z-plate quartz crystal.

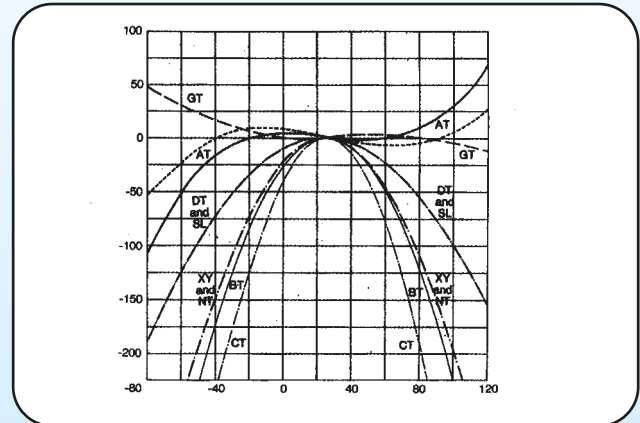


Fig. 2 Frequency-temperature characteristics of various quartz cuts.

Fig.1 and **Fig.2** show the orientation angle of a Z-plate quartz crystal at which the first frequency-temperature coefficient of crystal unit becomes zero near normal room temperature for the modes of vibration most often used.

FREQUENCY-TEMPERATURE CHARACTERISTICS

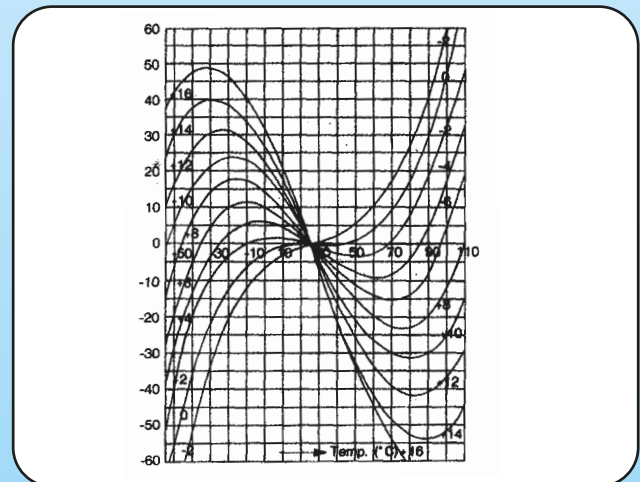


Fig.3 AT-Cut frequency-temperature characteristics

Fig. 3 shows the frequency-temperature characteristics for a thickness-shear mode At-Cut crystals with the angle of cut as a parameter. Since the AT-Cut frequency-temperature characteristics is equivalent to an equation of the third order, it displays excellent frequency stability over a wide temperature range.

*Crystals...
and more*

QUARZ CRYSTAL

5.) Lastkapazität

Die Lastkapazität ist nicht eine „quarzimmanente“ Größe, sondern diejenige Kapazität, auf die der Quarz bei der Herstellung abgeglichen wird. Die Quarzfrequenz wird bei „angehängter“ Lastkapazität eingestellt. Diese Lastkapazität sollte der Quarz später in seiner endgültigen Applikation, wo er zum Einsatz kommt, wieder vorfinden in seiner Schaltung. Falls dieser Abgleich bei der Herstellung auf die später vorzufindende kapazitive Last nicht richtig vorgenommen wird, schwingt der Quarz „neben“ seiner Nominalfrequenz.

Da in den meisten Schaltungen keine Ziehkapazität zu einem individuellen Abgleich mehr eingesetzt wird, ist die richtige Lastkapazität wichtig, zumindest wenn es auf präzise Einhaltung der Nominalfrequenz innerhalb der zulässigen Toleranzen ankommt.

Eine zu niedrige kapazitive Last bedeutet, der Quarz schwingt oberhalb der Nominalfrequenz, eine zu hohe kapazitive Last bedeutet, der Quarz schwingt unterhalb der Nominalfrequenz.

Grundsätzlich schwingen Quarze, die für hohe Lastkapazitäten ausgelegt sind, stabiler, schwingen jedoch nicht so leicht an und sind nur in einem kleineren Bereich zu ziehen (kleinere Pullability), dagegen Quarze, die für kleinere Lastkapazitäten konzipiert sind, schwingen leichter an, sind in einem größeren Bereich zu ziehen (hohe Pullability), schwingen jedoch nicht ganz so stabil auf der Nominalfrequenz.

Die Lastkapazität macht den Quarz eigentlich zu einem kundenspezifischen Bauteil, bzw. einem „semi-customized-component“, da die jeweilige kapazitive Last der Kundenapplikation in die Quarzparameter und somit in die Fertigung des Quarzbauteiles mit eingeht.

6.) Streukapazität

Die Streukapazität, auch Shuntkapazität genannt, trägt dem Umstand Rechnung, daß ein Quarzbauteil aufgrund seiner Konstruktion auch in gewisser Weise ein kleiner Kondensator ist, da er zwei Elektroden mit einem Dielektrikum verbindet (z. B. die Luft zwischen den Anschlußbeinen).

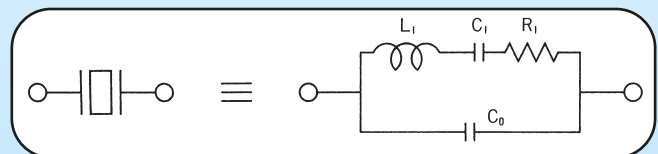
Hierdurch ergibt sich eine kleine Kapazität um 2 pF bis 7 pF, die kapazitiv die Schaltung beeinflusst und bei der Schaltungsentwicklung u.U., insbesondere in HF-Anwendungen, berücksichtigt werden muß.

7.) Nennbelastung

Die Nennbelastung, oft auch Drive Level genannt, stellt die Verlustleistung dar, die der Quarz aufgrund des zwar geringen, jedoch vorhandenen Stromflusses aushält (max. Nennbelastung).

Es gibt außer einer max. Nennbelastung auch eine typische Nennbelastung mit der der Quarz betrieben werden soll, da dies der Wert ist, mit der der Quarz im Ausgangstest gemessen wurde und so die beste Reproduktion aller Parameter sichergestellt ist.

8.) Ersatzschaltbild



9.) Widerstand

Der Widerstand, oft auch ESR (Equivalent Series Resistance) genannt, ist der rein ohmsche Widerstand, die der Quarz bei Resonanz hat. Kleinere Frequenzen haben deutlich höhere Widerstände als größere Frequenzen.

Quarze mit Frequenzen >6.0 MHz im AT-CUT haben dann fast gleichbleibende ESR's mit ca. 40 Ω, wobei hier auch Streuungen nach statistischen Grundsätzen auftreten.

Oft wird in empfindlichen Schaltungen ein max. ESR vorgegeben, der rein selektiv dargestellt wird.

Der Widerstand ist auch ein Maß für die Güte (Q-Factor) des Quarzes, je kleiner der ESR desto größer der Q-Factor.

*Crystals...
and more*



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*

QUARZ CRYSTAL TECHNISCHE BEGRIFFE

QUARTZ CRYSTALS

Quartz, composed of Silicon and Oxygen (Silicon Dioxide), exhibits piezoelectric properties. This device generates an electrical potential when pressure is applied on the surfaces of the crystal. Inversely, when an electrical potential is applied to the surfaces of a crystal, mechanical deformation or vibration is generated. These vibrations occur at a frequency determined by the crystal desing and oscillator circuit.

CRYSTAL EQUIVALENT CIRCUIT

A crystal device consists of a quartz resonator with metal plating. This plating, as shown in **Figure 1**, is located on both sides of the crastal and is connected to insulated leads on the crystal package. The device exhibits a piezoelectric response between the two crystal electrodes as expressed in the equivalent circuit shown in **Figure 2** below.

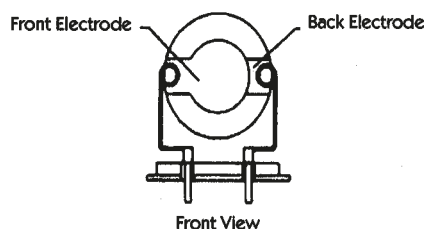
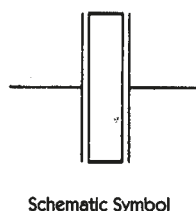
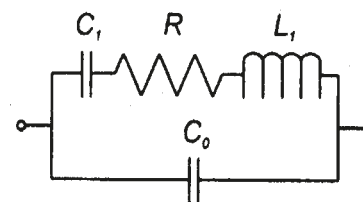


Figure 1



Schematic Symbol



Equivalent Circuit

Figure 2

NOMINAL FREQUENCY

The specified center frequency of the crystal and is typically specified in megahertz (MHz) or kilohertz (kHz).

FREQUENCY TOLERANCE OR CALIBRATION ACCURACY

The amount of frequency deviation from a specified nominal frequency at ambient temperature (referenced at 25°C). This parameter is specified with a maximum and minimum frequency deviation, expressed in percent (%) or parts per million (ppm).

FREQUENCY STABILITY

The amount of frequency deviation from the ambiente temperature frequency. This deviation is associated with a set of operating conditions including: Operating Temperature Range, Load Capacitance and Drive Level. This parameter is specified with a maximum and minimum frequency deviation, expressed in percent (%) or parts per million (ppm). The frequency stability is determined by the following factors: Type of quartz cut, angle of the quartz cut, mode of operation, and mechanical dimensions of the quartz blank.

*Crystals...
and more*



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*

QUARZ CRYSTAL GLOSSARY OF TERMS

TYPE / ANGLE OF QUARTZ CUT

The type and angle of a quartz cut effects the crystal device operating parameters, the most significant being frequency stability. The temperature stability requirements and other electrical parameters required by the customer will determine the type of cut and angle of cut utilized.

SERIES VS. PARALLEL LOAD RESONANCE

Series Resonance or Parallel Load Resonance crystals are physically the same crystal, but calibrated to slightly different frequencies. When a crystal is placed into an oscillator circuit, they oscillate together at a tuned frequency. This frequency is dependent upon the crystal design and the amount of Load Capacitance, if any, the oscillator circuit presents to the crystal. Specified in picofarads (pF), Load Capacitance is comprised of a combination of the circuits discrete load capacitance, stray board capacitance, and capacitance from semiconductor miller effects. When an oscillator circuit presents some amount of load capacitance to a crystal, the crystal is termed „Parallel Load Resonant“, and a value of Load Capacitance must be specified. If the circuit does not exhibit any capacitive loading, the crystal is termed „Series Resonant“, and no value of Load Capacitance is specified. The „Parallel Load Resonant“ operating frequency of a quartz crystal is based on **Equation 1** below.

$$F_L = F_S \left\{ \frac{C_1}{2(C_0 + C_L)} + 1 \right\}$$

Equation 1

Where:

- F_S** = Series Resonant Frequency (MHz)
- F_L** = Parallel Load Resonant Frequency (MHz)
- C_L** = Crystal Load Capacitance (pF)
- C₀** = Crystal Shunt Capacitance (pF)
- C₁** = Crystal Motional Capacitance (pF)

*Crystals...
and more*

MOTIONAL CAPACITANCE (C₁) AND MOTIONAL INDUCTANCE (L₁)

The motional capacitance and inductance are designated by **C₁** and **L₁** respectively, in the above equivalent circuit (**Figure 2**). For a „Series“ resonant crystal, the value of **C₁** resonates with the value of **L₁** at a frequency (**F_S**) as expressed in **Equation 2**.

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

Equation 2

Typically, **L₁** is not mentioned when working with most crystals. Due to this absolute equation, it is only necessary to specify one motional component or the other. The industry standard is to specify a proper value of **C₁** only. The actual value of **C₁** has physical limitations when it is realized in a quartz crystal design. These constraints include the mode of operation, the quartz cut, the mechanical design, and the nominal frequency of the crystal.

SHUNT CAPACITANCE (C₀)

The static capacitance between the crystal terminals, measured in picofarads (pF), Shunt Capacitance is present whether the device is oscillating or not (unrelated to the piezoelectric effect of the quartz). Shunt Capacitance is derived from the dielectric of the quartz, the area of the crystal electrodes, and the capacitance presented by the crystal holder.



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*

QUARZ CRYSTAL GLOSSARY OF TERMS

EQUIVALENT SERIES RESISTANCE (ESR)

The resistive element, measured in ohms, of a crystal device. At the frequency found in **Equation 2**, the motional inductance (L_1) and motional capacitance (C_1) are of equal ohmic value but are exactly opposite in phase. The net result is that cancel one another and only a resistance (R) remains in the series leg of the above equivalent circuit (**Figure 2**). The ESR measurement is made only at the series resonance frequency (F_s), not at some predetermined parallel resonant frequency (F_p). Crystal resistance measured at some parallel load resonant frequency is often called the „effective“ resistance.

DRIVE LEVEL

A function of the driving or excitation current flowing through the crystal. The Drive Level is the amount of power dissipation in the crystal, expressed in microwatts or milliwatts. Maximum power is the most power the device can dissipate while still maintaining operation with all electrical parameters guaranteed. Drive level should be maintained at the minimum levels necessary to assure proper start-up and steady state oscillation, thus avoiding poor aging characteristics and crystal damage.

AGING

The change in operating frequency over a specified time period and is typically expressed as a maximum value in parts per million per year (ppm/year). This frequency change as a function of time is due to many factors: Seal method and integrity, manufacturing processes, material type, operating temperature, and frequency of operation.

STORAGE TEMPERATURE RANGE

The minimum and maximum temperatures that the device can be stored or exposed to when in a non-oscillation state. After exposing or storing the device at the minimum or maximum temperatures for a length of time, all of the operating specifications are guaranteed over the specified Operating Temperature Range.

PULLABILITY

A specification for the change in frequency (expressed in ppm) for a „Parallel Load Resonant“ crystal as a function of change in Load Capacitance (expressed in pF). In certain applications (i.e. VCXO) where variations in the crystals parallel resonant frequency are mandatory, pullability is specified. The pullability of a quartz crystal is derived from **Equation 1** above and is calculated as shown in **Equation 3** below.

$$\frac{F_{CL1} - F_{CL2}}{F_{CL1}} = \frac{C_1}{2} \left\{ \frac{1}{(C_0 + C_{L1})} - \frac{1}{(C_0 + C_{L2})} \right\}$$

Equation 3

As shown from the equation, a desired change in frequency (F_{CL1} and F_{CL2}) is a direct result of a given change in Load Capacitance (C_{L1} and C_{L2}).

METRIC TO ENGLISH CONVERSION

1" = 25.4 mm; 1 mm = 0.039"

*Crystals...
and more*



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*

QUARZ CRYSTAL GLOSSARY OF TERMS

MECHANICAL CHARACTERISTICS

BEND TEST

Pins withstand max. bend of 90° ref. to base for 2 bends.

Ref. MIL - STD 202 F, Method 211A, Condition C.

VIBRATION

10 - 55 Hz, duration of 6 hours, displacement

1.5 mm 3 mutually perpendicular plans.

Ref. MIL - STD 202F, Method 201A.

SHOCK

1000 G, 0.35 ms, half sine - wave, 3 shocks of each plan.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 2002. 3, Condition C.

SOLDERABILITY

95% coverage using 63/37 solder at 245°C for 5 sec. dipping after immersion in Alpha 611 flux 5 sec.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 2003. 5.

SOLVENT RESISTANCE

Withstand of IPA, Trichlorethane, Freon TMC for 30 sec.

Ref. MIL - STD 202F, Method 215, Condition B.

ENVIROMENTAL CHARACTERISTICS

GROSS LEAK

All units 100% leak test of FC#40 in 125°C ± 3°C

Ref. MIL - STD 883 C, Method 1012. 8, Condition C.

FINE LEAK

Mass spectrometer leak rate less than 2×10^{-8} atm. cc. / sec. of Helium.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 1014. 8, Condition B.

TEMP CYCLING

-55°C to 125°C for 10 cycles, 1/2 hour dwell time max.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 1010. 7, Condition B.

RESISTANCE TO SOLDERING HEAT

10sec. in a solder bath of 260°C up to 0.5 mm from the glass stand - off.

Ref. MIL - STD 202F, Method 210A, Condition B.

THERMAL SHOCK

-55°C to 125°C for 5 cycles, 10 min. stay in each extreme temperatures.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 1010. 7, Condition B.

HUMIDITY

85% relative humidity at 85°C for 500 hours.

Ref. MIL - STD 883 C, Method 1004.6.

*Crystals...
and more*



*digital electronic
siegfried lehrer gmbh*