

一、石英晶体谐振器

1. 基本原理

石英晶体是 SiO_2 的单晶，具有逆压电效应、高品质因素(Q)和各向异性等特性，石英晶体谐振器正是利用了石英的逆压电效应产生振荡频率的目的。石英晶体谐振器在电路中等效于一个无源器件，其等效电路图如图 1 所示。

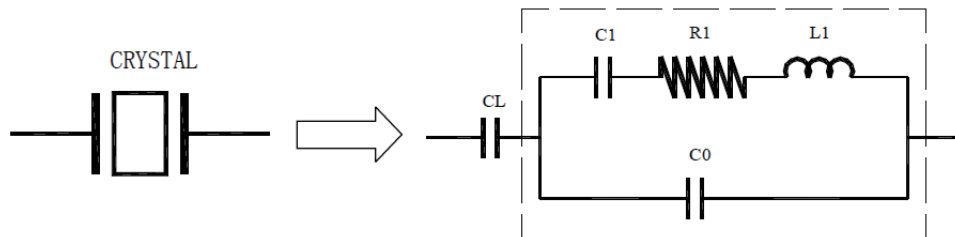


图1 石英晶体谐振器等效电路图

R1：等效电阻；CL：负载电容；C0：静态电容；C1：动态电容；L1：等效电感。

2. 石英晶体的切型

石英晶体在不同的方向上有不同的特性，因此不同的切割方式会得到不同的振动模态。图 2 是石英晶体不同切型的示意图。

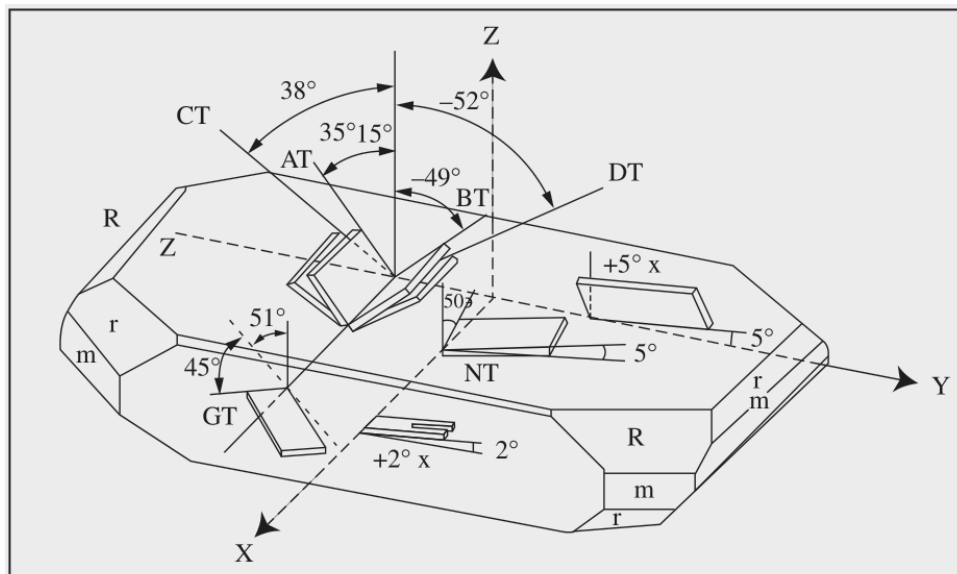


图2 石英晶体切型示意图

3. AT切石英晶体的频率温度特性

在各种切型中，AT 切晶体应用最为广泛。AT 切晶体具有以下优点：温度频率稳定性较高；加工难度较低，可以做到小型化；高 Q 值（高品质因素，即低损耗），温度特性容易管控；等效阻抗低等。图 3 为 AT 切石英晶体的频率 - 温度特性曲线图。

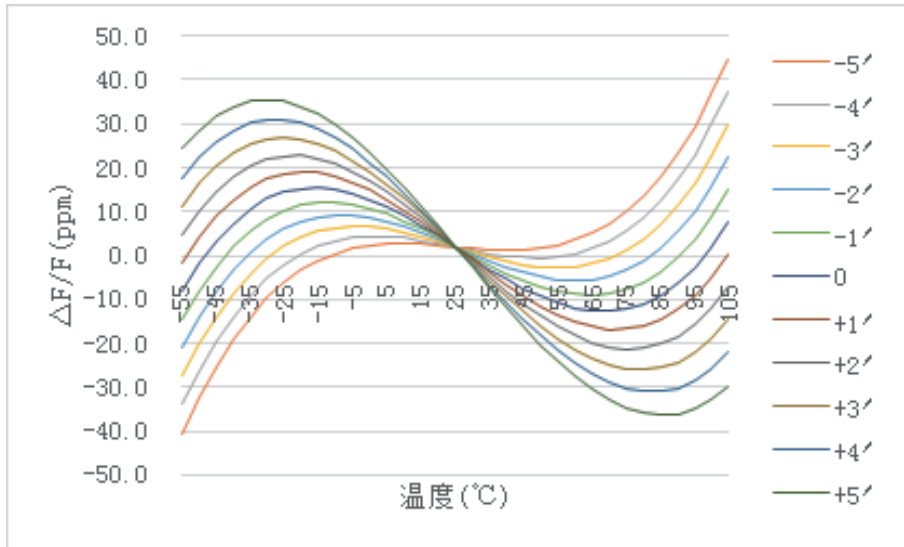


图3 AT切石英晶体不同切角温度-频率特性

二、石英晶体振荡器

1. 基本原理

石英晶体振荡器是由石英谐振器与振荡电路组成，加电后即有稳定的频率信号输出。按照电路形式和频率精度划分，可将晶体振荡器具体分为：普通晶体振荡器（XO）；压控晶体振荡器（VCXO）；温补晶体振荡器（TCXO）；恒温晶体振荡器（OCXO）。

（1）普通晶体振荡器（XO）：一般精度振荡器，频率稳定度可达 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ ，特点是体积小、功耗低，频率范围可达 32.768KHz~750MHz。

（2）压控晶体振荡器（VCXO）：一般精度振荡器，频率稳定度可达 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ ，特点是体积小、功耗低，产品带压控调谐功能，可对晶振的频率进行实时的调整。频率范围可达 1MHz~300MHz。

（3）温补晶体振荡器（TCXO）：中精度晶体振荡器，频率稳定度可达 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ ，特点是体积适中、功耗低，频率范围为 5MHz~200MHz。

（4）恒温晶体振荡器（OCXO）：高精度晶体振荡器，频率稳定度达 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 以上，体积较大，带有恒温槽，常用频率为 5MHz、10MHz。

2. 晶体振荡器的专业术语

（1）基准温度下初始准确度：在标称电源电压、标称负载阻抗、基准温度以及其他规定条件下，晶体振荡器的输出频率相对于标称频率的最大偏离值，计算公式为： $f_{\text{精度}} = (f_{\text{实测}} - f_{\text{标称}}) / f_{\text{标称}}$ ，单位用 ppm 表示。

（2）频率温度稳定性：在标称电源电压、标称负载阻抗即其他规定条件不变的情况下，在规定温度范围内晶体振荡器的输出频率与其规定的标称值的最大偏离值。计算公式为： $f_{\text{稳定度}} = \pm (f_{\text{max}} - f_{\text{min}}) / (f_{\text{max}} + f_{\text{min}})$ ，单位用 ppm 表示。

（3）输出波形：常用的输出波形包括：方波（CMOS、LVDS、PECL、HCSL）；正弦波（Sine、Clipped-sine）。

（4）相位噪声：短期稳定度的频域量度。用单边带噪声与载波噪声之比表示，定义为在某一给定频偏处的 dBc/Hz 值。晶振在某一频偏处的相位噪声为在该频率处 1Hz 带宽内的信号功率与信号总功率比值。

(5) 相位抖动：抖动和噪声是对同一种现象的两种不同的定量方式。抖动是一个时域概念，相位噪声是频域概念。抖动从本质上描述了信号周期距离其理想值的偏离量，通常在时域下测量，也可通过相位噪声进行换算。

(6) 上升时间和下降时间（方波）：上升时间：输出电平从低电平到高电平所用的时间；下降时间：输出电平从高电平到低电平所用的时间。

(7) 占空因数（方波）：以一个波形周期的百分数表示的占空因数，应在电平（以地为基准）的 50% 处进行测量。

(8) 频率老化：在稳定的规定条件下，由于元件老化而引起的输出频率随时间的系统漂移，通常用某一时间间隔内的频差来量度。

3. 晶体振荡器常用测试电路

晶体振荡器常用的测试电路如图 4 所示。

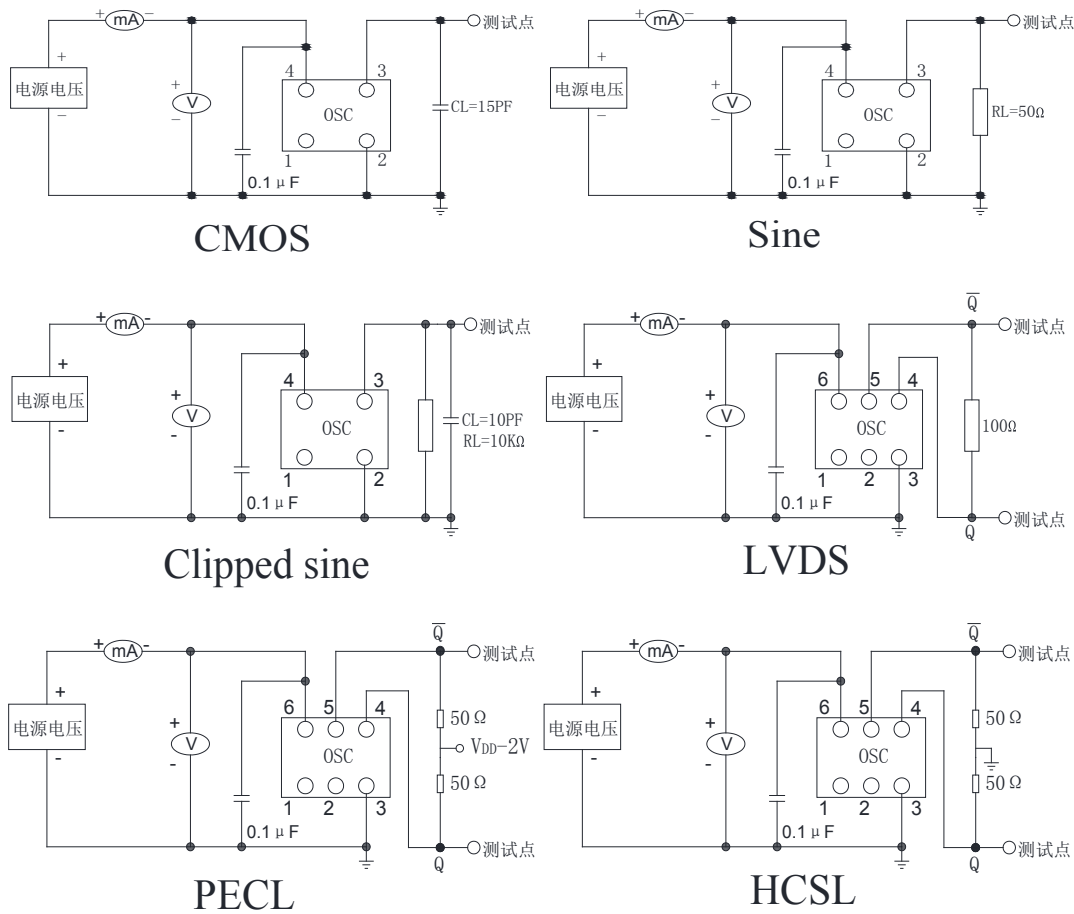


图4 晶体振荡器常用测试电路框图

4. 晶体振荡器的焊接

对于表贴晶体振荡器的焊接，采用回流焊工艺。推荐温度曲线如图 5 所示。

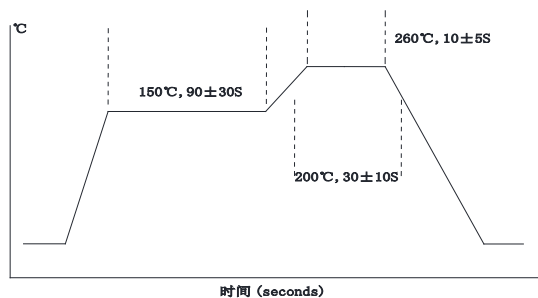


图5 回流焊推荐温度曲线

三、产品订购要求表

1、石英晶体谐振器订购要求表

产品型号			
使用环境	<input type="checkbox"/> 地面 <input type="checkbox"/> 车载 <input type="checkbox"/> 舰载 <input type="checkbox"/> 机载 <input type="checkbox"/> 弹/箭载 <input type="checkbox"/> 星载		
标称频率			MHz
外形尺寸			mm
产品切型	<input type="checkbox"/> AT-cut <input type="checkbox"/> SC-cut <input type="checkbox"/> 其他_____		
调整频差	± _____ ppm	@ _____ °C	
温度频差	± _____ ppm	@ _____ °C ~ _____ °C	
等效阻抗			Ω Max
负载电容			pF
静态电容			pF
激励功率			μW Max
老化率			ppm

2、石英晶体振荡器订购要求表

产品型号				
使用环境	<input type="checkbox"/> 地面 <input type="checkbox"/> 车载 <input type="checkbox"/> 舰载 <input type="checkbox"/> 机载 <input type="checkbox"/> 弹/箭载 <input type="checkbox"/> 星载			
标称频率			MHz	
外形尺寸			mm	
电源电压			V	
工作电流			@25°C	
工作温度范围	@ _____ °C ~ _____ °C			
基准温度初始准确度	± _____ ppm			
频率温度稳定性	± _____ ppm			
频率调制范围	± _____ ppm			
输出特性	Sine		CMOS/LVDS/PCEL/HCSL	
	额定负载	Ω	额定负载	
	输出功率	dBm	上升下降时间	ns
	谐波抑制	dBc	占空比	%