

振荡器

振荡器主要可以分成两种：谐波振荡器（harmonic oscillator）与弛张振荡器（relaxation oscillator）。

能将直流电转换为具有一定频率交流电信号输出的电子电路或装置。种类很多，按振荡激励方式可分为自激振荡器、他激振荡器；按电路结构可分为阻容振荡器、电感电容振荡器、晶体振荡器、音叉振荡器等；按输出波形可分为正弦波、方波、锯齿波等振荡器。广泛用于电子工业、医疗、科学研究等方面。主要适用于各大中院校、医疗、石油化工、卫生防疫、环境监测等科研部门作生物、生化、细胞、菌种等各种液态、固态化合物的振荡培养。

自激多谐振荡器也叫无稳态电路。两管的集电极各有一个电容分别接到另一管子的基极，起到交流耦合作用，形成正反馈电路，当接通电源的瞬间，某个管子先通，另一只管子截止，这时，导通管子的集电极有输出，集电极的电容将脉冲信号耦合到另一只管子的基极使另一只管子导通。这时原来导通的管子截止。这样两只管子轮流导通和截止，就产生了振荡电流。由于器件不可能参数完全一致，因此在上电的瞬间两个三极管的状态就发生了变化，这个变化由于正反馈的作用越来越强烈，导致到达一个暂稳态。暂稳态期间另一个三极管经电容逐步充电后导通或者截止，状态发生翻转，到达另一个暂稳态。这样周而复始形成振荡。

正弦波振荡器

能够输出正弦波的振荡器称作正弦波振荡器。

正弦波振荡器主要有 LC 振荡器 RC 振荡器两种。

振荡器最基本组成部分

- 1 三极管放大器；（起能量控制作用）
- 2 正反馈网络；（将输出信号反馈一部分至输入端）
- 3 选频网络；（用以选取所需要的振荡频率，以使振荡器能够在单一频率下振荡，从而获得需要的波形。

振荡器定义

振荡器简单地说就是一个频率源，一般用在锁相环中。详细说就是一个不需要外信号激励、自身就可以将直流电能转化为交流电能的装置。一般分为正反馈和负阻型两种。所谓“振荡”，其涵义就暗指交流，振荡器包含了一个从不振荡到振荡的过程和功能。能够完成从直流电能到交流电能的转化，这样的装置就可以称为“振荡器”。

振荡器的分类

振荡器主要分为 RC，LC 振荡器和晶体振荡器

1. RC 振荡器采用 RC 网络作为选频移相网络的振荡器统称为 RC 正弦振荡器，属音频振荡器。

2. LC 振荡器采用 LC 振荡回路作为移相和选频网络的正反馈振荡器称为 LC 振荡器。

LC 振荡器的分类：

- ①变压器耦合 · 单管 LC 正弦振荡器 · 差分对管 LC 正弦振荡器
- ②三点式 · 电容三点式(考毕兹)振荡器 · 电感三点式(哈特莱)振荡器
- ③改进三点式 · 克拉泼振荡器 · 西勒振荡器
- ④差分对管振荡器

3. 晶体振荡器

振荡器的振荡频率受石英晶体控制的振荡器。

特性：

1. 物理、化学性能非常稳定。

2. 具有正压电效应和逆压电效应, 石英晶体谐振频率 ω_s

Δ 当 $\omega=\omega_s$ 时, 压电效应最强, 称 ω_s 为基频

Δ 当 $\omega=n\omega_s$ 时, 压电效应也较强, 称之为泛音频率

温度系数振荡器

1. 温度系数振荡器是指一种振荡器, 它的振荡频率与温度之间有一个特定的关系, 即不同的温度对应不同的振荡频率。反之, 测量出振荡器的输出频率, 就可测量出温度值。

2. 高温温度系数振荡器: 它的振荡频率受温度的影响很大, 温度稍有变化, 频率就会变化很多, 即对温度敏感, 多用于温度传感器。

3. 低温温度系数振荡器: 它的振荡频率受温度的影响很小, 即使温度变化很大, 它的频率也基本不变。

石英晶体振荡器

石英晶体振荡器分非温度补偿式晶体振荡器、温度补偿晶体振荡器 (TCXO)、电压控制晶体振荡器 (VCXO)、恒温控制式晶体振荡器 (OCXO) 和数字化 μ p 补偿式晶体振荡器 (DCXO/MCXO) 等几种类型。其中, 无温度补偿式晶体振荡器是最简单的一种, 在日本工业标准(JIS)中, 称其为标准封装晶体振荡器 (SPXO)。现以 SPXO 为例, 简要介绍一下石英晶体振荡器的结构与工作原理。

石英晶体, 有天然的也有人造的, 是一种重要的压电晶体材料。石英晶体本身并非振荡器, 它只有借助于有源激励和无源电抗网络方可产生振荡。SPXO 主要是由品质因数 (Q) 很高的晶体谐振器 (即晶体振子) 与反馈式振荡电路组成的。石英晶体振子是振荡器中的重要元件, 晶体的频率 (基频或 n 次谐波频率) 及其温度特性在很大程度上取决于其切割取向。石英晶体谐振器的基本结构、(金属壳) 封装及其等效电路如图 1 所示。

只要在晶体振子板极上施加交变电压, 就会使晶片产生机械变形振动, 此现象即所谓逆压电效应。当外加电压频率等于晶体谐振器的固有频率时, 就会发生压电谐振, 从而导致机械变形的振幅突然增大。与金属板之间的静电电容; L 、 C 为压电谐振的等效参量; R 为振动摩擦损耗的等效电阻。石英晶体谐振器存在一个串联谐振频率 $f_{os} (1/2\pi)$, 同时也存在一个并联谐振频率 $f_{op} (1/2\pi)$ 。由于 $C_0 \gg C$, f_{op} 与 f_{os} 之间之差值很小, 并且 $R \ll \omega L$, $R \gg 1/\omega C$, 所以谐振电路的品质因数 Q 非常高 (可达数百万), 从而使石英晶体谐振器组成的振荡器频率稳定度十分高, 可达 10^{-12} /日。石英晶体振荡器的振荡频率既可近似工作于 f_{os} 处, 也可工作在 f_{op} 附近, 因此石英晶体振荡器可分串联型和并联型两种。用石英晶体谐振器及其等效电路, 取代 LC 振荡器中构成谐振回路的电感 (L) 和电容 (C) 元件, 则很容易理解晶体振荡器的工作原理。

SPXO 的总精度 (包括起始精度和随温度、电压及负载产生的变化) 可以达到 ± 25 ppm。SPXO 既无温度补偿也无温度控制措施, 其频率温度特性几乎完全由石英晶体振子的频率温度特性所决定。在 $0 \sim 70^\circ\text{C}$ 范围内, SPXO 的频率稳定度通常为 $20 \sim 1000$ ppm, SPXO 可以用作钟频振荡器。

温度补偿晶体振荡器 (TCXO)

TCXO 是通过附加的温度补偿电路使由周围温度变化产生的振荡频率变化量削减的一种石英晶体振荡器。

1. TCXO 的温度补偿方式

在 TCXO 中, 对石英晶体振子频率温度漂移的补偿方法主要有直接补偿和间接补偿两种类型:

(1) 直接补偿型

直接补偿型 TCXO 是由热敏电阻和阻容元件组成的温度补偿电路, 在振荡器中与石英晶体振子串联而成的。在温度变化时, 热敏电阻的阻值和晶体等效串联电容容值相应变化,

从而抵消或削减振荡频率的温度漂移。该补偿方式电路简单，成本较低，节省印制电路板（PCB）尺寸和空间，适用于小型和低压小电流场合。但当要求晶体振荡器精度小于 $\pm 1\text{ppm}$ 时，直接补偿方式并不适宜。

（2）间接补偿型

间接补偿型又分模拟式和数字式两种类型。模拟式间接温度补偿是利用热敏电阻等温度传感元件组成温度—电压变换电路，并将该电压施加到一支与晶体振子相串接的变容二极管上，通过晶体振子串联电容量的变化，对晶体振子的非线性频率漂移进行补偿。该补偿方式能实现 $\pm 0.5\text{ppm}$ 的高精度，但在3V以下的低电压情况下受到限制。数字化间接温度补偿是在模拟式补偿电路中的温度—电压变换电路之后再加一级模/数（A/D）变换器，将模拟量转换成数字量。该法可实现自动温度补偿，使晶体振荡器频率稳定度非常高，但具体的补偿电路比较复杂，成本也较高，只适用于基站和广播电台等要求高精度化的情况。

2.TCXO发展现状

TCXO在近十几年中得到长足发展，其中在精密TCXO的研究开发与生产方面，日本居领先和主宰地位。在70年代末汽车电话用TCXO的体积达 20cm^3 以上，的主流产品降至 0.4cm^3 ，超小型化的TCXO器件体积仅为 0.27cm^3 。在30年中，TCXO的体积缩小了50余倍乃至100倍。日本京陶瓷公司采用回流焊接方法生产的表面贴装TCXO厚度由4mm降至2mm，在振荡启动4ms后即可达到额定振荡幅度的90%。金石（KSS）集团生产的TCXO频率范围为2~80MHz，温度从 -10°C 到 60°C 变化时的稳定度为 $\pm 1\text{ppm}$ 或 $\pm 2\text{ppm}$ ；数字式TCXO的频率覆盖范围为0.2~90MHz，频率稳定度为 $\pm 0.1\text{ppm}$ （ $-30^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ ）。日本东泽通信机生产的TCO-935/937型片式直接温补型TCXO，频率温度特性（点频15.36MHz）为 $\pm 1\text{ppm}/-20 \sim +70^\circ\text{C}$ ，在 $5\text{V} \pm 5\%$ 的电源电压下的频率电压特性为 $\pm 0.3\text{ppm}$ ，输出正弦波波形（幅值为1VPP），电流损耗不足2mA，重量仅为1g。PiezoTechnology生产的X3080型TCXO采用表面贴装和穿孔两种封装，正弦波或逻辑输出，在 $-55^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 范围内能达到 $\pm 0.25 \sim \pm 1\text{ppm}$ 的精度。国内的产品水平也较高，如北京瑞华欣科技开发有限公司推出的TCXO（32~40MHz）在室温下精度优于 $\pm 1\text{ppm}$ ，第一年的频率老化率为 $\pm 1\text{ppm}$ ，频率（机械）微调 $\geq \pm 3\text{ppm}$ ，电源功耗 $\leq 120\text{mw}$ 。高稳定度的TCXO器件，精度可达 $\pm 0.05\text{ppm}$ 。

高精度、低功耗和小型化，仍然是TCXO的研究课题。在小型化与片式化方面，面临不少困难，其中主要的有两点：一是小型化会使石英晶体振子的频率可变幅度变小，温度补偿更加困难；二是片式封装后在其回流焊接作业中，由于焊接温度远高于TCXO的最大允许温度，会使晶体振子的频率发生变化，若不采取局部散热降温措施，难以将TCXO的频率变化量控制在 $\pm 0.5 \times 10^{-6}$ 以下。但是，TCXO的技术水平的提高并没进入到极限，创新的内容和潜力仍较大。

振荡器工作原理

主要有由电容器和电感器组成的LC回路，通过电场能和磁场能的相互转换产生自由振荡。要维持振荡还要有具有正反馈的放大电路，LC振荡器又分为变压器耦合式和三点式振荡器，很多应用石英晶体的石英晶体振荡器，还有用集成运放组成的LC振荡器。

由于器件不可能参数完全一致，因此在上电的瞬间两个三极管的状态就发生了变化，这个变化由于正反馈的作用越来越强烈，导致到达一个暂稳态。暂稳态期间另一个三极管经电容逐步充电后导通或者截止，状态发生翻转，到达另一个暂稳态。这样周而复始形成振荡。振荡器的使用

- 1、 装入试验瓶，并保持平衡，如是双功能机型，设定振荡方式。

- 2、 接通电源，根据机器表面刻度设定定时时间，如需长时间工作，将定时器调至“常开”位置。

- 3、 打开电源开关，设定恒温温度：

(1) 将控制小开关置于“设定”段，此时显示屏显示的温度为设定的温度，调节旋钮，设置到您工作所需温度即可。(您设定的工作温度应高于环境温度，此时机器开始加热，黄色指示灯亮，否则机器不工作)

(2) 将控制部分小开关置于“测量”端，此时显示屏显示的温度为试验箱内空气的实际温度，随着箱内气温的变化，显示的数字也会相应变化。

(3) 当加热到您所需的温度时，加热会自动停止，绿色指示灯亮；当试验箱内的热量散发，低于您所设定的温度时，新一轮加热又会开始。

4、开启振荡装置：

(1) 打开控制面板上的振荡开关，指示灯亮。

(2) 调节振荡速度旋钮至所需的振荡频率。

5、工作完毕切断电源，置调速旋钮与控温旋钮至最低点。

6、清洁机器，保持干净。

振荡器使用注意事项

- 1、器具应放置在较牢固的工作台面上，环境应清洁整齐，通风良好。
- 2、用户提供的电源插座应有良好的接地措施。
- 3、严禁在正常工作的时候移动机器。
- 4、严禁物体撞击机器。
- 5、严禁儿童接近机器，以防发生意外。
- 6、更换熔断器前应先确保电源已切断。
- 7、使用结束后请清理机器，不能留有水滴、污物残留。

振荡器现状

日本金石、始建于 1948 年的 NibonDempaKogyo 公司和美国摩托罗拉位、韩国的 Sunny—Emi 等公司，都是生产石英晶体器件较大的厂商。中国生产石英晶体振荡器等元器件的单位有原电子工业部第十研究所、北京 707 厂、国营第 875 厂和一些合资企业等。中国对人造石英晶体及其元器件的研究开发起步较早，拥有的生产能力也较大。就石英晶体振荡器而言，与国外先进水平比较，主要是在片式化、小型化、高频化和频率温度特性等方面还存在差距。尽快缩小这些差距，进一步扩大生产规模，提高产品性价比，是提高在国际市场上竞争力的必由之路。与此同时，还要跟踪该器件发展的新动向，如视频发生器振荡器的研究与应用。