

**编者的话：**音叉、音片振荡器由于采用了高Q、高稳定性的机械谐振子作为频率选择元件，因而具有体积小、频率稳定性高的特点。随着新的频率控制方式的不断发展，以及作为音叉、音片材料的恒弹性合金，压电陶瓷性能的不不断提高使这种振荡器在遥测、选择呼叫、选择控制等方面将得到广泛运用。本文介绍了音叉、音片振荡器的原理、结构、技术性能的概要，可作为设计、使用这种振荡器的借鉴。我室为某工程研制的频率制分散目标型运动装置，已采用这种压电音叉振荡器作为频率元件，试验表明，这种元件在小型化、高可靠性、高稳定性方面都显示了它无可否认的优点。

一机部（73）电综字14号与水电部（73）技电字28号文责成我室负责运动装置的标准化，系列化，通用化工作，我们将逐步推广国内运动装置的科研、设计、制造和使用经验促进产品的三化工作。为此，希望各兄弟单位给本刊提供交流资料和成果。

许昌继电器研究室

# 音 片 ， 音 叉 振 荡 器

译自富士通电子部品ハンドブック 1968

北京市政设计院

## 1. 概 要

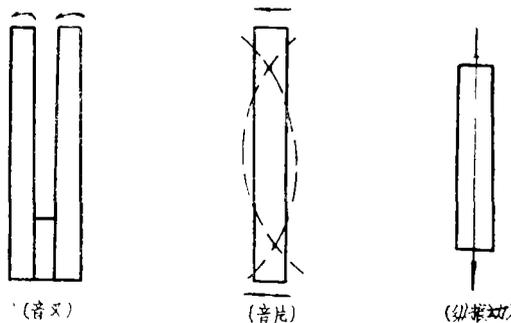
振荡器的用途很广，从用作标准频率测定器、传导装置、控制指示装置、召唤装置，以至新的宇宙通信和各种信号发生器。但是各种用途所对应的振荡器的特性要求又各不相同，有必要从频率数，温度特性，长时间变化特性，体积大小，价格，以至耐振动，冲击的特性等方面进行考虑，以选择振荡器。振荡器的种类主要由振子来区别，有L、C、RC振荡器等以及使用更高级的机械振子，如水晶，音片、音叉等振荡器，这用于50C/S~70KC/S的低频对象。另外从价格，体积大小，从耐振，耐冲击性来考虑，说明用音片、音叉振荡器具有高度的稳定性。

## 2. 原 理

振荡器是由振子和放大器所组成，振荡器的稳定性大体上由振子而定，关于起振回路有必要充分探讨。

### （1）振子的组成

作为振子的代表为机械振子，如图1所示，可以按振动方式分为几类，其谐振频率给出以下公式



图一1 振动方式的实例

$$f = \frac{\alpha^2 m}{4\sqrt{3}\pi} \cdot \frac{d}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{音片、音叉})$$

$$f = \frac{\alpha_m}{2\pi l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{纵振动})$$

其中 $\alpha_m$ 为各种振动方式相应的系数并由振动次数不同其数值不同，在同样的振动情况下，音叉（与悬臂梁相同）振子的 $\alpha_m$ 数值相当小，因此表现为取得同样谐振频率的情况下音叉的形状相当小，一般音叉振子用于低频，音片振子用于中频，纵振动型振子用于高频。这是以振子的形状来区分，另外以驱动的方法可以分几类，常用的主要有压电型，电动型，电磁型，如图-2所示，压电型驱动法为在振子根部按上两个压电陶瓷小片，一侧作为输入，一侧作为输出，在输入端子上加上交流电压，压电片上产生往复的机械振动而驱动振子，振子的谐振频率与交流电压一致时，振子的振幅最大，另一侧的压电片被动变位较大，由于压电效应发生与输入信号频率相同的交流电压。由于在压电型内低频所形成的电气—机械变换效率低，所以在低频时不适用。电动型驱动法为在振子的端部装在输入侧输出侧的驱动线圈中，在输入侧线圈，由于输入信号产生交变磁场，吸引磁铁，由于反复吸引使振子发生振动。在输出侧由于磁铁反复变位使线圈发生交流电压。

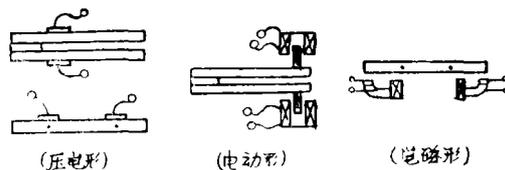


图-2 驱动方式的实例

并且由于增加了磁铁的质量，而使振子具有能得到更低的频率的特点。另外在电磁型驱动法中，输入侧的磁铁由于线圈驱动发生重叠交变磁场，直接对振子励振（强磁性体）。输出侧由于交变的变位磁铁，使磁场强度发生变化，而使线圈发生交流电压。在电动型，电磁型内由于电气—机械能量变换效率低，因此不适用于高频。

由振子的形状和驱动方法不同其优缺点一般如图-3所示，几十周/秒~几百周/秒时用电动型音叉振子，几百周/秒~几千周/秒时用压电型音叉振子，几千周/秒~几十千周/秒时用压电型音片振子，几十千周/秒以上用压电型纵振子。

这振子用作为起振时有二条原则，一为在上述的频带内作为滤波器使用接入起振回路的方法，再一个是利用谐振时阻抗变化（在压电型的小，电动型和电磁型的大）的方法，前者比较容易组成。

另外还要说明与放大回路的关系，从振子驱动系统的极性（仅单方面压电器的分极方向或磁铁的励磁方向变化）来考虑必须要与起振回路的相位关系一致。

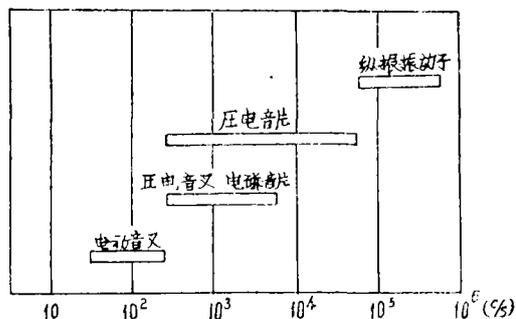


图-3 振子的形状与频率范围

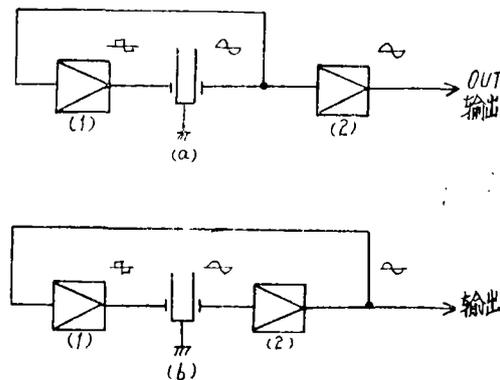


图-4 起振回路的构成

## (2) 振荡回路

图4所示为振荡回路的一个实例,这是一个用压电型音叉振子作为带通滤波使用的例子。电动型,电磁型的音片、音叉回路组成与上述相同。图4中(a)和(b)中放大倍数与相位关系各不相同,必须按使用振荡器的频率输入损耗,相位特性等来决定选用那一种。

当接通电源,由于电气冲击和杂音对振荡器励振,振荡器的输出侧中发出使用的信号,该信号电压经放大器将其电压放大到相当大再向振荡器进行强制励振即所谓反馈回路,从而达到稳定的振荡状态。

为了对振荡器强制励振,放大器(1)要有较高的放大倍数,放大器的波形也要充分饱和。考虑当温度,电源电压变动时,不致因此而停止振荡。振荡器的驱动电压应为矩形波,当然振荡器的输出电压为正弦波可以由放大器(2)产生必要大小的正弦波。

另外图-4(a)或(b)不论那一种组成,振荡器不能满足起振的相位时回路中的RC相位应反相。

## 3. 结 构

### (1) 低频音叉振荡器(K.Mtd 35a)

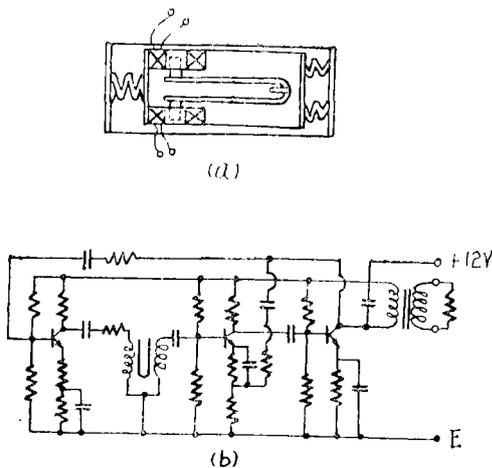
振荡器中采用电动型音叉振子,由于是低频,所以要考虑外部振动的影响,如图-5(a)所示的那样用弹簧支持,此支持系统的谐振频率设计为20周/秒,比振荡器的频率显著低。

振荡回路如图-5(b)所示,由于有电压,电流反馈改善漂移,使回路稳定。振荡器用插件型式安装,并使用Sdiv232a型的套筒。

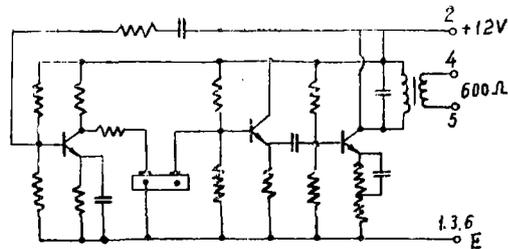
### (2) 小型音片振荡器(K.Mtd 13a)

振子中用压电型音叉音片振子,只将振子封入全封闭型外壳内,考虑以取得对外部条件稳定的特性,0.4千周~4.0千周的范围采用压电音叉4千周~70千周范围内采用压电音片。

振荡回路如图-6所示,用反馈回路改善漂移,使回路稳定化,特别是因为发射极输出器回路是由振子阻抗组合,所以不要做35千周以上的。出线接头与K.Mtd 35a相同。由于输出变压器用平衡型因此容易与其它装置回路联接。振荡器的安装是按工厂配线制作的。



图一5 低频音叉振荡器的振子振荡电路



图一6 小形音片振荡电路图

## 4. 特 性

### (1) 频率

低频音叉振荡器为40Hz~400Hz

小型音片振荡器为400Hz~70KHz

### (2) 温度特性

温度特性如图-7, 图-8所示, 振荡输出, 振荡频率的稳定性相当优越。

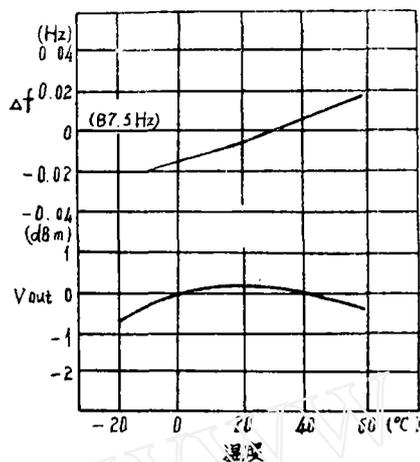


图-7 温度特性 (低频音叉振荡器)

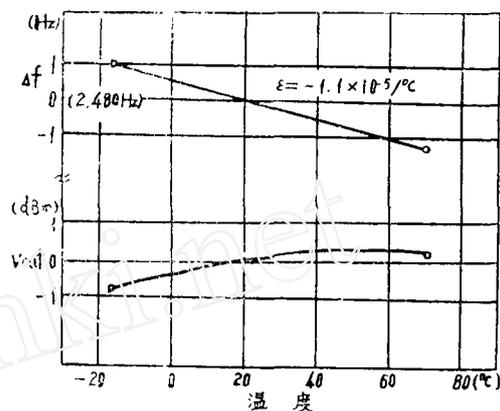


图-8 温度特性 (小形音片振荡器)

### (3) 对电源电压的稳定性

对供电电压的变动, 振荡频率和输出电平的变化如图-9和图-10所示, 输出电平大体上与电源电压成比例, 频率几乎不变化, 另外电流与电源电压完全成比例

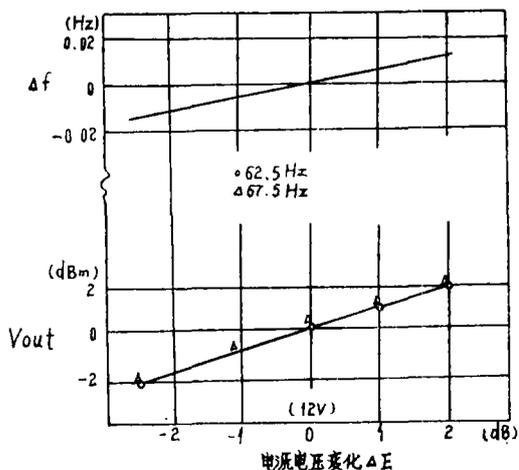


图-9 对电源电压的稳定性  
(低频音叉振荡器)

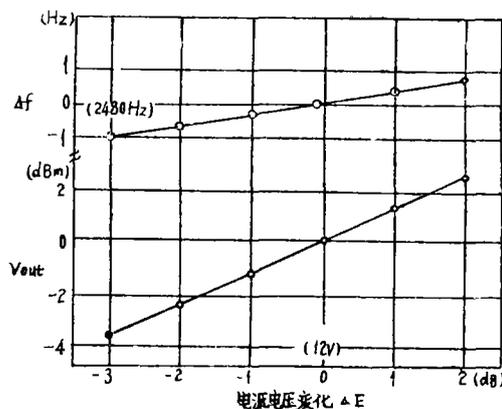


图-10 对电源电压的稳定性  
(小形音片振荡器)

### (4) 负载阻抗的影响

小型音片振荡器的输出阻抗为600Ω, 负载阻抗的变动对振荡频率, 振荡输出以及漂移

的变化如图11所示, 由此可知, 阻抗变化 $\pm 10\%$ 对应频率变化 $\pm 1 \times 10^{-4}$ 以下, 输出电平变化 $\pm 1.5$ 分贝以下, 漂移基本不变化。此外对低频音叉振荡器变化趋势大体相同。

(5) 长时间变化特性

由于连续进行动作而发生的特性变化即所谓长时间变化特性如图-12、图-13所示。对元件加以老化处理, 除初期变化以外, 稳定性相当高。

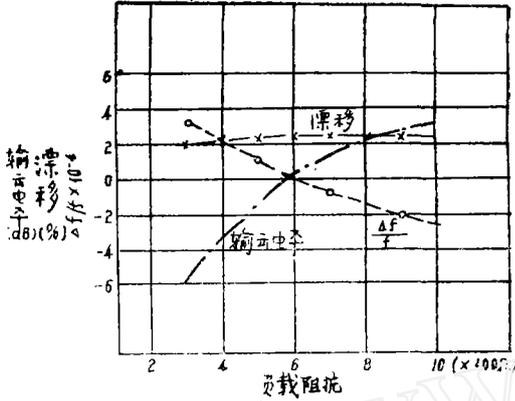


图-11 对终端输出阻抗的稳定度

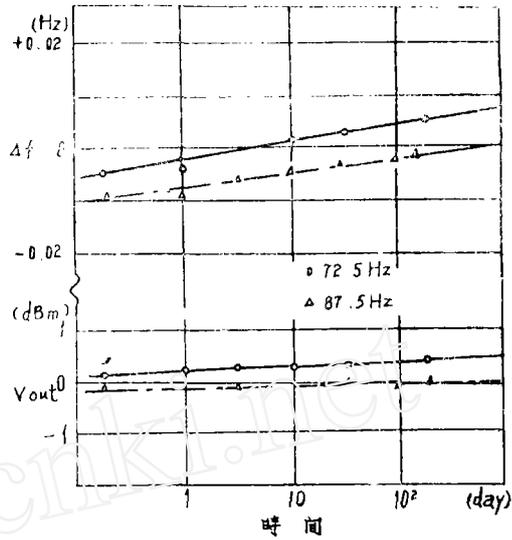


图-12 长时间变化特性 (低频音叉振荡器)

(6) 起动时间特性

从接入电源到得到振荡输出所需的时间很小, 达到平常状态5%的时间, 在低频音叉振荡器约为2秒, 在小型音片振荡器为200毫秒~5毫秒, (频率为0.4千周~70千周)。起动时间的一个例子如图14所示。

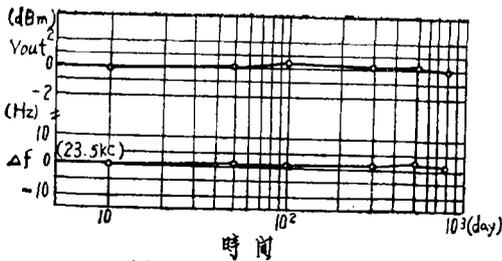


图-13 长时间变化特性 (小形音片振荡器)

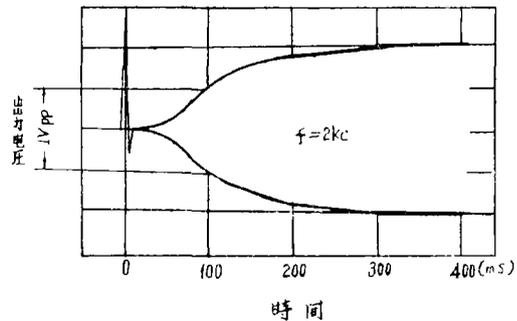


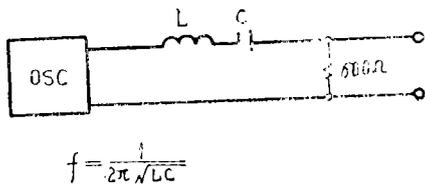
图-14 起动时间特性 (小形音片振荡器)

(7) 耐震性

经每分钟600~3000转总振幅1毫米各振动方向加震时间0.5小时, 特性不变, 但是在动作中由于外部震动的影响在振子频率低时影响较大。

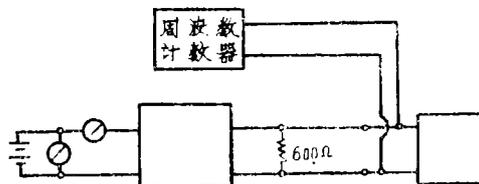
5. 应用

在300Hz的低频即音频以外的频带与通话信号同时输送与声音信号之间相互没有妨害, 此外, 在用有线线路情况下, 用低频具有传输损耗小的优点, 适合较远距离控制使用。



$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

图—15 漂移的改善



图—16 振荡特性测定回路

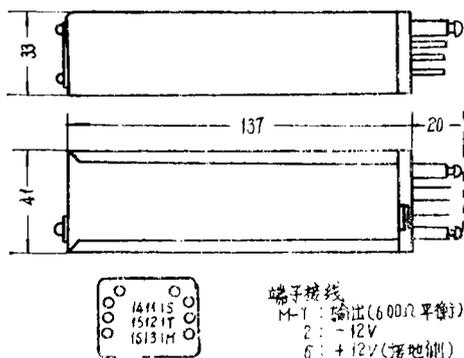
另一方面,频率为千周以上的音叉振子,外形非常小,当音叉振子的底座固定的坚固时.耐振性、耐冲击性良好,所以可以在振动大,冲击多的情况下使用。

另外,其他特殊的优点,由于其小型化,稳定性高,在传导装置,召唤装置,控制指示装置等用以作为信号的振荡源。

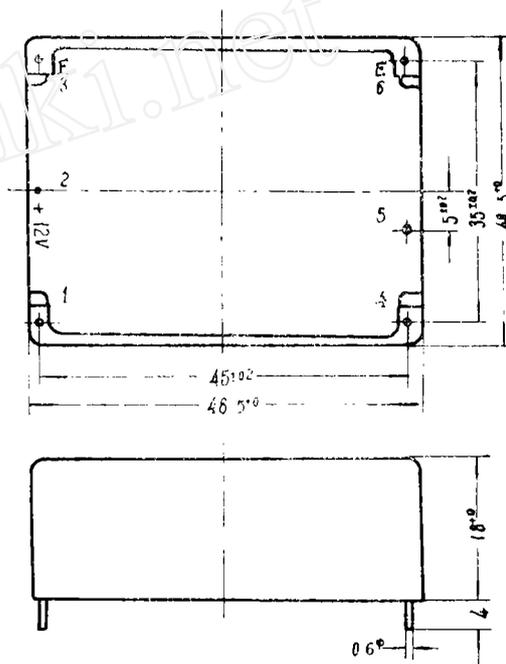
### 6. 使用上的注意事项:

#### (1) 使用方法:

用直流12伏电源,低频音叉振荡器如下面的图—17所示,如端子6接+,端子2接-,则端子M—T之间为振荡输出。在小形音叉振荡器,如图—18所示端子2接+,端子1、3、6、接-,端子4~5之间为振荡输出。



图—17 低频音叉振荡器的外形尺寸



图—18 小形音片振荡器的外形尺寸  
接线 1, 3, 6: 接地; 2: +12V;  
4, 5: 输出600Ω

#### (2) 电源电压的稳定性

当电源电压变动,输出电平变动,频率很少变化,另外,当电源电压含有交流脉动时,输出有噪杂音,为得到稳定的振荡要预备稳压电源。

#### (3) 起动时间

从供给电源到产生振荡,不能不延续一定时间,在振荡频率低时,这段时间较长,而且到振荡器充分稳定状态普通要到好几分钟,所以作为呼出信号用时,用电源通断作为开关有延续时间问题,因此采用电源经常接通而用振荡输出通断来开关。

但是在电源接通的一瞬间,由于输出端发生脉冲电压,在回路上应加以研究。

#### (4) 输出阻抗

输出端用并联形成 $600\Omega$ ,当接通高阻抗负荷时,另外要并联 $600\Omega$ 的电阻,注意由于振荡器是按输出阻抗为 $600\Omega$ 条件下调正的频率,当电阻、电容、电感等,不同时,振荡器特性由此要发生变化。

#### (5) 改善漂移

在振荡器的漂移是在百分数以下,再经过如图-15所示的改善漂移,输出端子之间串联,谐振回路的漂移可以简单的认为在1%以下。

#### (6) 外部震动冲击的影响

振荡器的频率在较低范围时,在动作中由于外部震动和冲击容易受到影响,所以为了减少外部震动的影响,一种方法是提高设计的信号频率,另一种是用低频音叉振荡器时用橡胶弹簧支座支持振荡器,弹簧支承自振频率要在5周/秒以下,可取得较好的防震效果。

### 7. 试验方法

#### (1) 振荡特性测定回路

测定回路如图-16所示

#### (2) 温度特性测定

温度特性的测定中要预备恒温槽,试件在规定温度中放置1小时以上再进行振荡特性测定并以常温和高温低温的特性进行比较。

### 8. 外形规格

本振荡器外形尺寸如图-17和图-18所示,其规格如表-1,表-2所示  
(单位:毫米)

表1 低频音叉振荡器(K.Mtd 35a)

项 目	规 格	备 注
频 率 范 围	40~400—Hz	
频 率 精 度	$3 \times 10^{-4}$	在 $20^{\circ}\text{C}$ 时
频 率 温 度 系 数	$2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下 (或满足 $\pm 0.1\text{Hz}$ 以及更大)	在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
输 出 电 平	$\pm 1 \text{ dBm}$ 以内	在 $20^{\circ}\text{C}$ 时
输出电平的温度变化	$\pm 2 \text{ dB}$ 以内	在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
漂 移	10%以下	
电 源	12VDC6mA以下	在 $20^{\circ}\text{C}$ 时

表 2

小形音片振荡器(K.Mtd 13a)

项 目	性 能
频 率 范 围	0.4Kc~70Kc
频 率 精 度	$\pm 0.3\text{Hz}$ (0.4Kc~2Kc) $\pm 2 \times 10^{-4}$ (2Kc~70Kc)
频 率 温 度 系 数	满足在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 振荡频率的变化为 $\pm 1.0\text{Hz}$ 或 $\pm 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 或更大的要求
输 出 阻 抗	600 $\Omega$
输 出 电 平	0 dBm $\pm$ 2dB
漂 移	5%以下
使 用 温 度 范 围	$-10^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$
电 源 电 压, 电 流	12V, 5 mA以下