

# 初学者园地

## 音乐合成器的构造和功能

张银华 编译

音乐合成器达到商品阶段之后,至今虽然时间还不长,乐器商店的橱窗里已摆出了各种各样产品。这些产品在外观设计和旋钮名称等上面,各厂家是五花八门的。在使用方法上,乍一看,似乎全然不同,但仔细分析对比一下之后就会发现它们之间有着共同之处,这就是说几乎所有的音乐合成器都有振荡器、特性可以自由控制的滤波器和门电路以及用以控制上述电路的包络线发生器等。另外,大多数音乐合成器是用面板上旋钮来变更参数而产生声音的类型,但也有为了简化操作而采用预置方式的。不管是哪一种类型,其基本工作原理可以说都是相同的。

### 一、音乐合成器的基本构造

不管什么样规格的音乐合成器,都可以用图1所示方框图来表述其基本结构形式,即声源通过音色形成器输出,声源和音色形成器都是用手动控制器和自动控制器进行时域控制。演奏就是操作手动控制器的过程,根据手动操作状态直接决定声源的振荡频率,选择音色,或决定自动控制器的各参数,来间接地控制声源和音色形成器。

作为声源,采用了锯齿波、正弦波、三角波、方波、噪声源及其它各种振荡器,用手动控制器和自动控制器可以决定其振荡频率,因而可以自由地获得超过可听范围的音高。

音色形成器由滤波器回路、门电路和环形调制器等组成,用以进行各种声源波形变换。自动控制器在演奏者给出控制指令后,按预定程序产生控制电压。例如,振荡频率为几赫兹

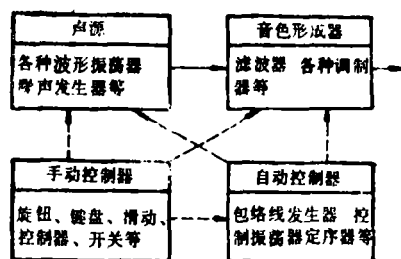


图1 音乐合成器基本构成形式

的振荡器就可以认为是一种自动控制器,把它连接到声源上时,声源就会被这个几赫兹频率调制,这相当于加上了颤音。当然,可以变换滤波器电路特性并能控制门电路开闭状态的包络线发生器也可以看成是一种自动控制器。

手动控制器是连结演奏者与乐器的唯一接口,它由键盘、各种旋钮、开关、踏板和控制杆构成。

图1中的各方框分别具有下列功能:

**声源**——产生正弦波、三角波、方波、脉冲波以及这些波形的二重和三重合成波、白噪声和粉红噪声等信号。

**音色形成器**——具有低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、环形调制器、门电路、固定滤波器、混合器和余音装置等。

**自动控制器**——具有振荡器、滤波器、门电路用包络线发生器、定序器、调制用各种波形振荡器以及采样保持电路等。

**手动控制器**——具有普通键盘、滑动控制器各种转换开关、各种音量控制旋钮、接触传感器、脚踏板、感情踏板、脚踏开关以及其他由人直接接触的操作件。

## 二、合成器实际构造

以电子手段来合成声音时,有很多方法可用,并且这些方法多已实用化,但目前几乎所有形成了商品的合成器,包括大、小型产品在内,都基本上可用图2所示结构形式表述。图中实线表示声音信号通路,虚线表示以控制声音信号的控制信号通路。

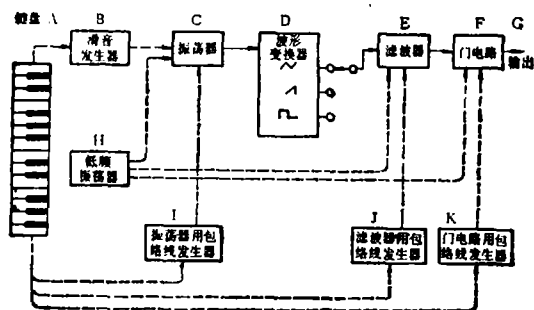


图2 音乐合成器的基本构成

按动键盘A时产生与各键相应的电压,并加到滑音发生器B上。滑音发生器B的输出端接有振荡器C,以产生对应于各键的频率信号(相当于音阶)。在振荡器C输出端接有波形变换器D,在此处形成有各种谐波成分的信号波形,如三角波、锯齿波、方波等,这些信号波形用手动开关进行选择。为了获得任意的谐波特性,将上述波形信号加到滤波器E,最后加给对整个声信号大小有决定作用的门电路。如果在门电路的输出端G接上放大器和扬声器,就会听到具有对应于键盘音阶的电信号产生的声音。

另外,键盘A还向包络线发生器群输出用以判断键是否被按下的信号。包络线发生器群中,振荡器用包络线发生器I用以在按下键之后使振荡器频率起伏变化;滤波器用包络线发生器J用以在键按下之后决定所含谐波形式如何随时间变化;门电路用包络线发生器K用以决定声音的上升、衰减特性等。低频振荡器H则产生的是几分之一赫兹到数十赫兹的低频信号,该信号加到振荡器C上以使该振荡器产生振动,加到滤波器E上使滤波器特性产生周期

性变化,加到门电路上用以给出周期性的音量变化。

现在以小号声为例,看看这样的合成器是怎样来合成的。

首先,要使振荡器的振荡基频范围符合小号的音域范围(控制键盘使其给出约为200~1kHz的频率)。波形则可选用有足够丰富的谐波分量的锯齿波。通常,为了加上颤音还要使低频振荡器H的频率为6Hz左右,其波形可以选择时,可取为正弦波或锯齿波。如果把这种信号输入给振荡器C,就会使声音颤动。

滤波器采用低通滤波器。为了表现出声音开始时的摇摆效果,要使振荡器用包络线发生器多少起一点儿作用。为了模拟作为管乐器重要特性的“声音开始后过一会儿谐波才增加”,要适当调整滤波器用包络线发生器。门电路用包络线发生器要按照声音上升时或声音持续时由于气息减弱而使音量成为小音量的要求来加以设定。这就是说,可取图3所示状态。

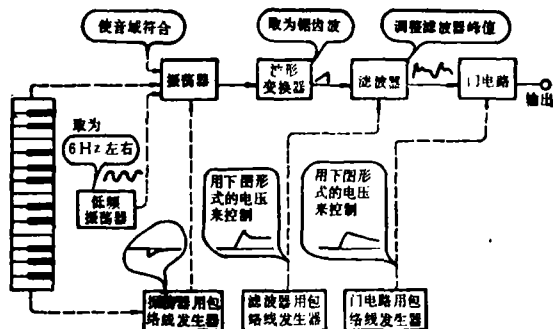


图3 用合成器产生的小号声

但是,即使是小号声,也随乐器的不同和吹奏方法的差异而有着千差万别的变化。有时不加颤音或许也不错,有时也许希望有点儿噪声掺杂感。在这种情况下时,就要重新调整各功能单元的旋钮了。

另外,如果降低音域就变成了长号的声音,如果再进一步降低音域就会变成大号的声音,如果再把音域继续降低下去,就会变成虽然还是铜管声,但却是现有乐器所演奏不出来的有震撼感的超低音。相反,如果把音域升得

极高，这时就能简单地发出来也是通常乐器所不能演奏出来的声音。

不仅是音域，就是对音色来说，如果稍微改变一下滤波器特性，也能使铜管的辉煌声音变得尖锐或者是圆润。

如果将波形从锯齿波变成对称方波，还能合成缺少2、4、6、8次谐音的单簧管式的铜管声音。如果把包络线发生器的上升速度加快就会由铜管乐器变成弹拨乐器；如果使衰减部分短到极小，就会发出普通乐器几乎都发不出的声音。

### 三、声源

作为合成器的声源可有各种各样波形，以及这些波形的合成波形。下面就来谈谈基本波形及其谐音结构。

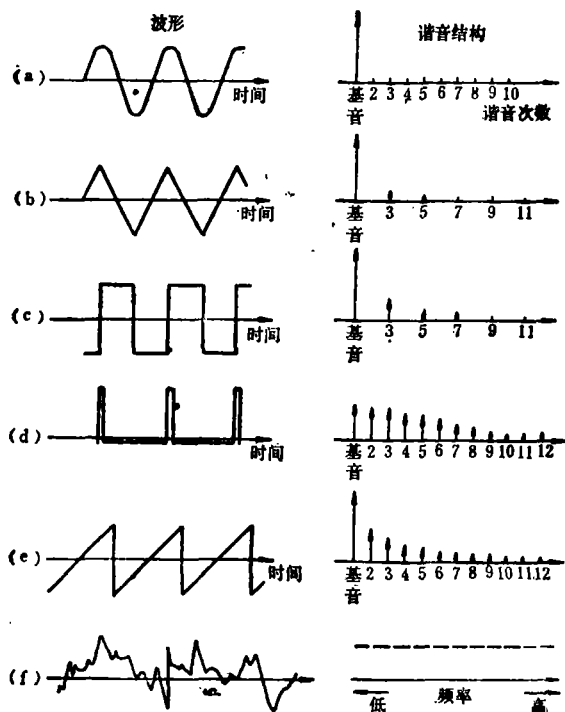


图4 基本波形及其谐音结构

#### 1. 正弦波 (图4(a))

正弦波是一种完全不含谐音的纯音波形，是声音合成的基本波形。因为没有谐音，所以

即使调节滤波器音色也不会变化。这种声音同音叉发出的声音一样是无色透明的。其平滑上升和平滑下降的波形特点，作为控制信号波形也有很高的应用价值。例如，若把数赫兹的正弦波作为声源振荡器调制用，则可给出颤音，若用正弦波对振荡器进行振幅调制，则可给出震音。

这种波形多是用二极管或晶体管将三角波的顶部削平（使之变形）来产生的。

#### 2. 三角波 (图4(b))

三角波是顶部呈尖形的波，其斜率是线性的。这种波形含有极少量的奇数倍音（3，5，7，9，11倍音……），其音色是加了一点味道的正弦波的音色感。这种波形也可代替正弦波使用。通过调节滤波器可多少改变点音色，也可用作控制信号。

#### 3. 方波 (图4(c))

方波是交替产生两个电压的波形，如果波峰与波谷的宽度相同，其谐音结构只是奇次谐音。这种波形适合产生单簧管等闭管声。另外，作为控制信号使用时，能给出声音断续、反复操作和信号转换等。如果用这种波形对声源进行频率调制（FM），还能交替发出音调不同的声音。

波峰与波谷如偏离1:2，就不象闭管声了，若偏离得很厉害，就成了脉冲波。

#### 4. 锯齿波 (图4(e))

锯齿波的谐音结构是谐音的大小与谐音的次数成反比。因为这种波形的音结构整然有序，所以，与正弦波一样具有极高的利用价值。这种波形本身的音色是明快的弹拨乐器感，而通过滤波器则可以产生铜管、簧乐器及其它各种音色。

这种波形的超低频也可以用作控制信号，例如，用超低频锯齿波来改变信号发生器的音调时，可以得到音高连续变化的警笛式的效果。这是一种从波形的视觉图形性质出发的应用。

市场上出售的合成器大多是先产生锯齿波，然后再将这种波形变换成三角波、正弦波

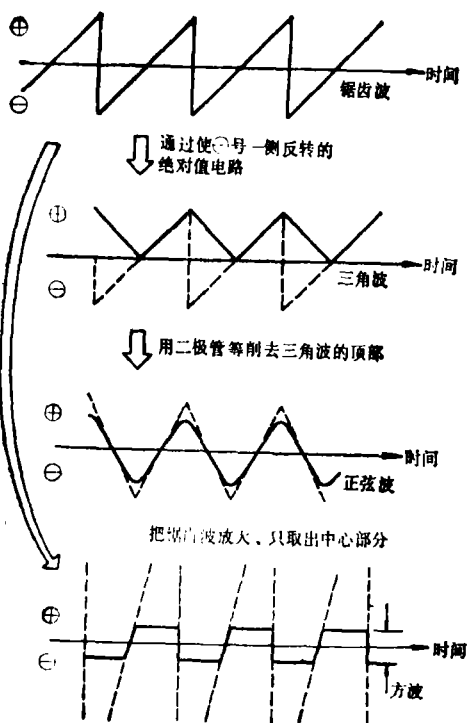


图5 从一种波形产生几种不同波形的例子和方波等波形的。

图5是从一种波形产生几种不同波形的方例。

#### 5. 脉冲波 (图4(d))

脉冲波是方波的峰、谷宽度变得极不相同时的波形。这种波形含有非常丰富的谐波，很适合用滤波器来处理，但是，要产生强调基音以及低次谐波的音色是比较困难的。从图形上可以看出，它能明确地显示出突然变化的电压值在时间轴上的位置，所以在合成器内部用作各功能单元之间的指令。

#### 6. 噪声源 (图4(f))

噪声是没有特定周期和波幅的不规则波形，可作为声源用，也可用作控制信号。这种波形常用于风声、波浪、雷声等模拟声以及乐器声中的噪声成分的合成。自动节奏乐器所用的响葫芦、响弦鼓、铙钹、踏钹等声源就是利用噪声的典型例子。

白噪声是在频率轴上等带宽能量相等的噪声，粉红噪声是等比例带宽能量相等的噪声。

粉红噪声的音色给人以隆隆作响的声感。以之作为控制信号源时，有把不规则的电压值变动直接作为控制电压使用的，也有先加以采样保持之后再使用的，用法很多。

另外，作为声源用的振荡器，多数是用电压对振荡频率进行控制使之产生大幅度变化，这种振荡器也叫压控振荡器。

## 四、滤波器

滤波器是将声源振荡器输出波形中含有的谐音结构加以自由改变的电路，有多种类型。在下面要谈的滤波器中，凡是用电压对通带和阻带的交界（截止频率）进行控制的滤波器，又称为压控滤波器。

合成器在给出那种带有电子音乐音色的声音时，多数情况是借助于这种滤波器实现的。滤波器是任何电子琴都要用到的，它本身并没有什么新奇之处，但有趣的是可以自由地改变它的特性。

### 1. 低通滤波器

低通滤波器是将声源波形中所含的某一特定频率以上的成分切掉的滤波器，以极端的情况为例，若将具有丰富谐波的锯齿波或脉冲波的2次谐音以上成分切掉，就大体上能产生出正弦波。开始切除的频率称为截止频率，通常可以在低于100Hz到高于10kHz的取值范围上用电压来对它加以自由控制。降低截止频率时，声音听起来圆润，提高截止频率时，声音听起来明快。

一般的合成器是改变截止频率处的转折特性，使该处产生一个峰（图6）。进行这种调整的旋钮被称为“Q”、“BRIGHT”、“EMPHASIS”、“PEAK”、“RESONANCE”等不同名称。

为了充分发挥这种滤波器的作用，是将其与手动旋钮、包络线发生器、低频振荡器等连接起来，从时间方面来改变特性的。

### 2. 高通滤波器

高通滤波器是将声源波形中所含的某一特

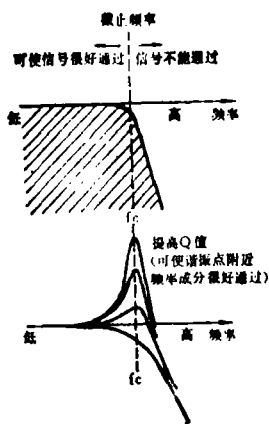


图6 低通滤波器和截止频率附近的峰

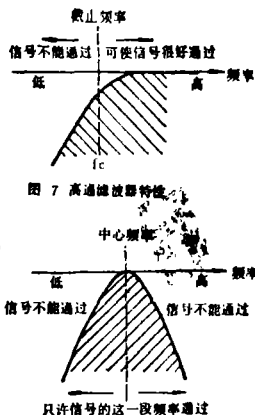


图7 高通滤波器特性

定频率以下的成分切掉的滤波器（图7），正好与低通滤波器的特性相反。把高通滤波器和含有谐音的声源相连接时，可以切掉基波和低次谐音成分。和低通滤波器搭配使用时，可以产生有尖锐感的声音或有移动感的声音。高通滤波器通常也是用电压控制截止频率的，但其峰化特性多不可变。从它不让低频段通过这种特性出发，有时也把这种滤波器叫做低截止滤波器。

### 3. 带通滤波器

带通滤波器是只让某一中心频率附近的声通过的滤波器，这种滤波器阻止偏离中心的低音和高音信号通过（图8）。使其中心频率约在 500Hz 与 2kHz 之间变化时，给出的就是人们所熟悉的“嗽嗽声（WOW）”效果。

带通滤波器可以单独构成，也可以把低通滤波器和高通滤波器组合起来构成。

通过了带通滤波器的声音固然随中心频率的Q值而异，但总的说来给人以发闷感。

### 4. 固定滤波器

固定滤波器是截止频率固定的滤波器。普通电子琴的音色主要由这种滤波器决定。使电吉他声变硬的高音提升器、明亮化开关也是一种简单的固定滤波器。复杂的合成器每倍频程用有三个固定带通滤波器，整个说来用有几十个固定带通滤波器。

固定滤波器象前述三种可变滤波器一样，

也有低通、高通和带通三种。

如图9所示，如果设置7个固定滤波器而把其中中心频率为  $f_1$  与  $f_7$  的两个滤波器关掉，就可以合成只让阴影区信号通过的特殊滤波器。

作为滤波器工作情况的具体例子，下面看一看让  $f = 65.41\text{Hz}$  的锯齿波通过高Q值带通滤波器时的输出。

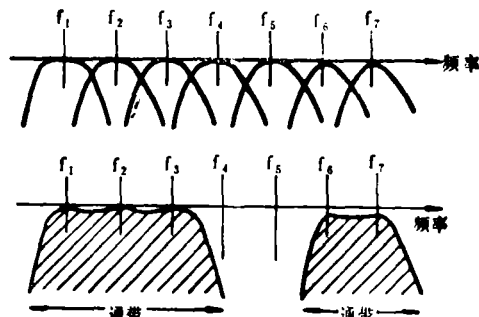


图9 用固定滤波器来合成特殊滤波器

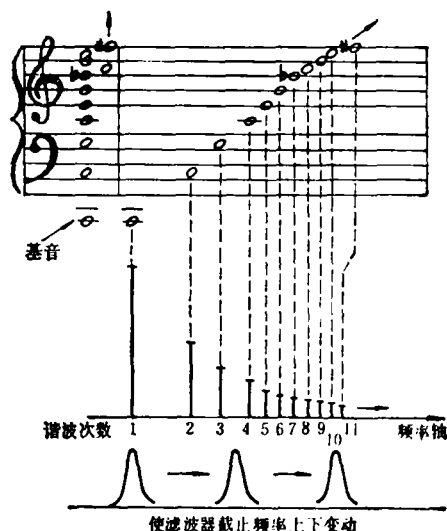


图10

在乐谱上，这个音是“C”，其谐音如图10所示，是无限延续的。在以频率为横坐标，强度为纵坐标的图中，这些谐音的强度是与谐波的次数成反比的。如果让这种波形通过具有图示特性的滤波器，并使中心频率渐渐升高，就会对锯齿波所含的谐波依次加以拾取，结果得到  $C \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow B^b \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F^* \rightarrow \dots$  这样的自然谐音串。这可以说是只有用可变滤波器才能实现声音生成方法的一例。（下期待续）