

# 教唱歌软件第1讲

# 第1章 乐音和基本练习

本章介绍怎样下载和运行教唱歌软件，练音模式的使用。此外，还介绍了一般乐音的知识，简谱和五线谱的音符与频率的关系。

# 1.1 软件的下载与运行

教唱歌软件是笔者编写的软件，是专门用来帮助练习歌唱的人唱歌用的。

任何人学唱歌，基本功都是要唱准各个音符，不要跑调。因此就需要有一个标准的乐器，通常是钢琴，来进行伴奏。听到钢琴弹奏出的准确的音符，并努力模仿进行发声，同时练习了耳朵的听力和声带的发声能力。

教唱歌软件的功能就是起到这样一种伴奏的钢琴的作用，但是无须练歌者练习钢琴的弹奏技术，通过输入笔者发明的一种字符串形式的乐谱，称之为陈谱，就可以让软件按要求发出钢琴声。

教唱歌软件放在笔者主办的《应用数学家园》网站上，它是免费软件。

《应用数学家园》网站的网址是 [www.appmath.cn](http://www.appmath.cn)，中文域名是“[www.应用数学.cn](http://www.应用数学.cn)”，此网站还有一个备用网站，域名叫[www.calonline.cn](http://www.calonline.cn)。如果记不住域名，也可以在百度搜索网页上用“应用数学家园”进行搜索，就可以找到网站。网站的主页上方是在线计算版块，专门提供各类应用数学的在线计算，而教唱歌软件并不是在线计算的，它是一个需要下载的软件，但是下载的网址也在此在线计算版块中，如图 1-1所示。

《线性代数简明教程》勘误表  
《概率论与数理统计》勘误表

《用C++语言编写数学常用算法(修订版)》  
一书的配书程序在此下载：下载

在线计算								
<b>一般计算</b>	表达式计算	复数表达式	多个数求和	函数值计算	简易计算器	科学计算器	复数计算器	排列组合
计算三角形	二元函数值	公倍公约数	n次方程	多项式相乘	多项式相除			
<b>绘制曲线</b>	绘函数曲线1	绘制函数曲线2	绘函数曲线3	绘函数曲线4	绘制直方图	极坐标曲线	二元函数曲面	极坐标曲面
二元函数剖面	球坐标曲面							
<b>线性代数</b>	矩阵相乘动画	初等变换	矩阵混合运算	解线性方程组	向量分析	方阵特征值	施氏正交化	方阵求幂
产生行列式	产生方程组	产生可逆阵	产生特征阵	产生向量组	初等变换2			
<b>概率统计</b>	正态分布	t分布	$\chi^2$ 分布	F分布	二项分布	超几何分布	泊松分布	区间估计
区间估计2	概率区估	单u检验	单t检验	双u检验	双t检验	$\chi^2$ 检验	F检验	线性回归
相关临界值	方差分析	求相关系数	离散相关系数					
<b>微积分</b>	公式求导	一元定积分	高斯积分法	二重积分				
<b>杂项</b>	选择题答案设置	选举记票	教唱歌软件	纸质文件排序	每日随机数	围棋挂盘	象棋挂盘	显示时钟

图 1-1



# 单击“教唱歌软件”链接，就进入到下载此软件的网页，如图 1-2所示。

## 图1-2

教唱歌软件在此下载

应用数学家园

要教人唱歌，最好要有钢琴，一边弹一边教，但这样的教歌老师素质很高。而本软件可以等于一架上好的钢琴加上一个好的钢琴师。

下载文件解压缩后，单击change.exe程序，就是以“唱”字为图标的程序，就可以开始练习了。首先单击练音模式按钮，有三段曲子，每一段都可以将十二个调子的钢琴声都放一遍，每一次听到“唱”的时候，就跟着唱，可以对所有音调的音高建立起概念。而如果单击“教歌模式”按钮，就一句一句地教歌了。

这个程序最重要的，是有一种快速输入乐谱的办法，主要的技术突破，在于用小数来表示时间和音高，而且符合人们传统的习惯。具体的输入办法在程序窗口中就有，不到两分钟就可以学会。这种乐谱的编码，被我命名为陈必红编码。

输入的歌曲可以保存在文件中，下一次还再调出来。

这样的歌曲记谱格式完全就用记事本就可以编写，是文本文件，因此方便网上大家相互交流，如果有人录入了一段歌谱，其它的人就都可以用了。

这个程序是完全免费的，免费供大家使用，有了它就相当于有了一架好钢琴放在家中。一个人只要有功夫，每个星期练上两回，对各种音高建立起概念，我敢说一年之间告别五音不全的状态。这个程序大大减轻了所有的教歌老师的工作量和辛苦程度，因此希望山区小学的老师能够喜欢。

下面有两个链接都可以下载，一个是winrar的自解压缩执行文件，一执行自动解压缩。但是有的时候360会拒绝这样的执行文件，这时可选择下载change.rar文件。要看教歌软件的使用说明单击这儿：[使用说明](#)


下载自解压缩文件：

**下载**

下载rar格式的压缩文件：

**下载**

学术报告幻灯片


此网页中有四个链接，使用说明是word文件，学术报告幻灯片是ppt文件。而教唱歌软件有两个下载方式，一个是自解压缩的文件，它是一个执行文件，只要执行，就将软件解压缩了，总共有两个文件，名为changge.exe的执行文件就可以直接双击使用它了，没有任何别的设置或者安装办法了，因为它不过就是一个MFC的练习作品，因此直接执行即可。当然一般电脑在未经特殊设置时，用户看不到此执行文件的后缀.exe的，只看到changge，加上一个写有唱字的图标。

另一个名为chang.wav的声音文件，当然用户也看不到后缀.wav。这个文件如果你双击它，就能够听到笔者喊一声“唱！”这个文件被changge.exe文件所使用，每当练习曲奏完一个乐句，要求练习者重复的时候，就播放这个文件，让练习者听到这个“唱”字，就跟着钢琴声再唱一遍。

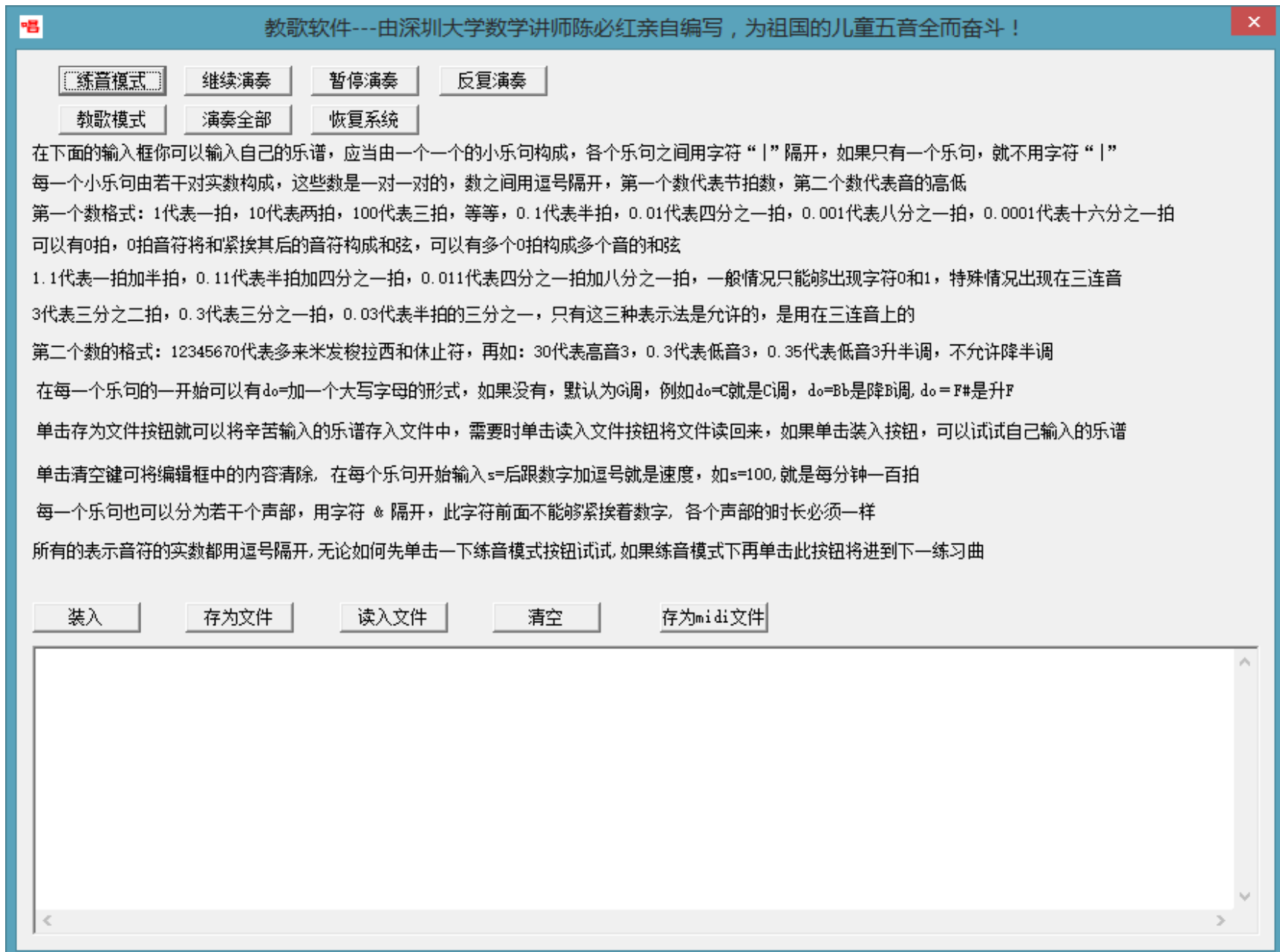
如果用户嫌笔者喊的这个“唱”字不好听，也可以自己用录音软件录一个，必须是wav格式的文件，也取名为chang.wav，并将它放置在与执行文件changge.exe同一个文件夹就行。则下次再执行changge程序时，当需要有一个人喊“唱”时，听到的就是自己录制的声音了。

当然，也可以既不自己录一个chang.wav程序，也不喜欢笔者喊“唱”字，那就索性删除它，则原来程序运行到要喊“唱”的地方，用户只是听到“咔”的一声，或者什么也听不到。但是唱歌练习者就必须自己知道什么时候应当跟唱了。

## 1.2 练音模式

下载了教唱歌软件后，双击图标 ，就进入教唱歌软件了，其界面为一个对话框，看上去有一些难看，却并不影响学习唱歌。整个程序的界面如图 1-3所示。

# 图 1-3





界面中的一些按钮和编辑框的用法将在本书后面一一介绍。现在介绍左上角第一个按钮，就是“练音模式”按钮，单击它时，程序开始利用电脑中的midi设备进行发音，笔者采用的是钢琴而未用其它乐器，是因为练习歌唱，钢琴就够了。

单击“练音模式”后，程序用钢琴弹奏出歌唱练习的最基本的练习曲，发音为多、来、米、发、梭、拉、西、多，而音理学上的称呼是do,re,mi,fa,sol,la,si,do最后的do是高音多，用简谱记就是

1 2 3 4 5 6 7  $\dot{1}$

1 2 3 4 5 6 7 i

将以每次升半调重新弹奏这八个音，每弹奏一次，就听到一声“唱”后，练习者跟着唱一遍，然后升半调再弹奏一遍，再听到一声“唱”后，练习者再跟着唱。后面我们还经常要用do来代表音符1，望大家牢记。

这是最基础的训练，但是现在的哪怕是著名歌手，也是要经常地进行这种基础训练的，只有这样才能够防止唱歌的时候跑调。

当基础训练的十二个音调全部奏完后，程序会自动进入到下一个练习曲，也是钢琴每弹奏完这个练习曲后，程序自动喊唱，然后练习者跟着唱，然后升半调继续弹此练习曲。程序里已经预装好了四个练习曲，每一个练习曲的十二个音调练习完毕后，就自动跳到下一个练习曲练习。

当四个练习曲都练习完毕后，程序将又跳到第一个练习曲。如此循环往复。

这四个练习曲用简谱表示如下：

练习曲1：

1 2 3 4 5 6 7  $\dot{1}$

练习曲2：

1 3 5 3 1

练习曲3：

1 3 5 3 | 1 3 5 3 1

练习曲4：

$\dot{1}$   $\dot{1}$  5 5 3 3 1 1 | 5 4 3 2 1

在练习过程中，如果觉得某一个练习曲已经差不多了，想练习下一个练习曲了，就再单击“练音模式”按钮，程序就直接跳到下一个练习曲开始练习。

单击“暂停演奏”按钮可以暂停演奏，它其实也是停止演奏的意思，只不过如果之后再单击“继续演奏”按钮，程序又会接着按上面的规则演奏。

练音模式的基本使用暂时讲到这里，后面我们还会继续提到它。

## 1.3 声音和乐音



为了说明教唱歌软件的其它使用方法，又假设读者的音乐知识很低，本节介绍声音和乐音的基本原理。

假设一个音乐指挥家在没有乐队情况下，自己用手在空中有节奏地一秒钟一次地挥动，此时大家什么声音也听不到。但是，他其实是发出了某种振动波的，为什么这个波大家听不到？因为频率太低了，一秒钟振动一次，在物理学上被称为一赫兹，或记为**1Hz**。在物理学上，一赫兹的振动波属于次声波，是低于人耳的听觉范围的，所以大家听不到任何声音。

如果这个指挥家加快手的挥动频率，假设每秒钟挥动了**100**次，那么大家是肯定可以听到一个声音的了。只不过呢？这只是一种想象，因为任何人也不可能将手挥动得这么快。

但是大自然及社会中大家是经常可以听到各种声音，如风的呼呼声，建筑工地的打桩声，汽车发动机声，厨房里的锅碗瓢盆的碰撞声，还有人的讲话声，这些机械振动的速度够快，所以大家可以听到声音。这也是由于我们的周围都是空气，空气可以将声音传播到我们的耳朵里。如果是在月球上，那里没有空气，就什么也听不到了。

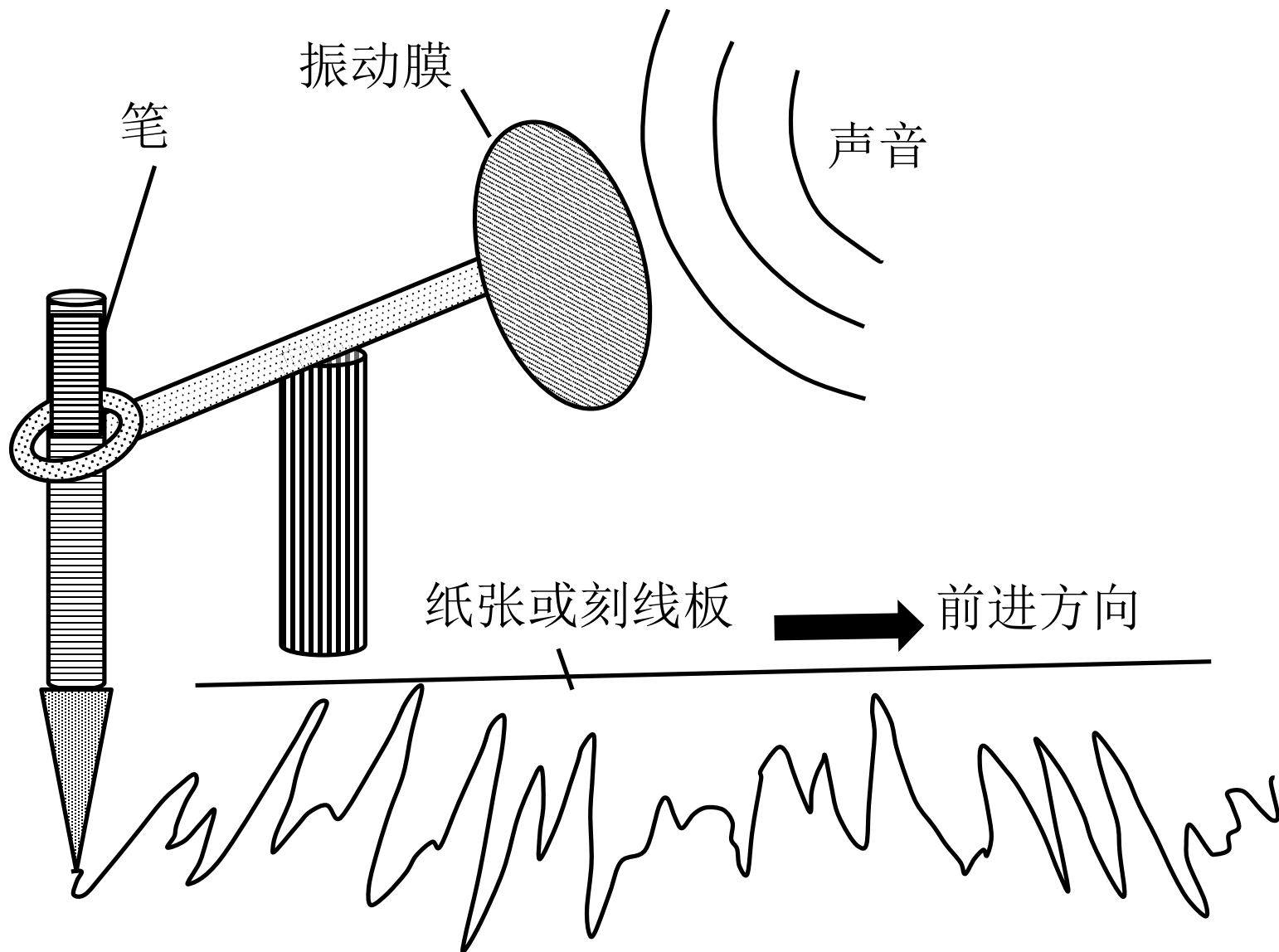
虽然大家听到的声音是振动足够地快的机械振动，但是也不能够振动得过快，如果振动得过快，人耳也就听不见了，这样的振动波被称为超声波。人耳能够听到的声音的频率范围是因人而异的，但是大约是在**20赫兹**到**2万赫兹**之间，低于这个范围的振动称之为次声波，超过这个范围的叫超声波。

对于次声波和超声波，人们也设计出了专门的电子仪器，或者专门的耳朵，来“听”到它们。

为什么大自然在构造人的耳朵的时候不让人听到次声波和超声波呢？我估计可能也有的人经过变异能够听到这些波的，但是这些人很可能是很快地死亡了，是吵死的，因为他没有夜深人静睡觉的时候。

下面介绍人们最早录制及播放声音的原理，如图 1-4所示

图1-4



在录音时，声音传到振动膜，这样振动膜就会和声音一样地振动，通过一个传导杆让一支笔也同样地振动，在笔的下方有一张纸通过某种机械结构不断从左向右运动，这样笔就绘出了一条和声音振动一样的随时间而变的曲线。

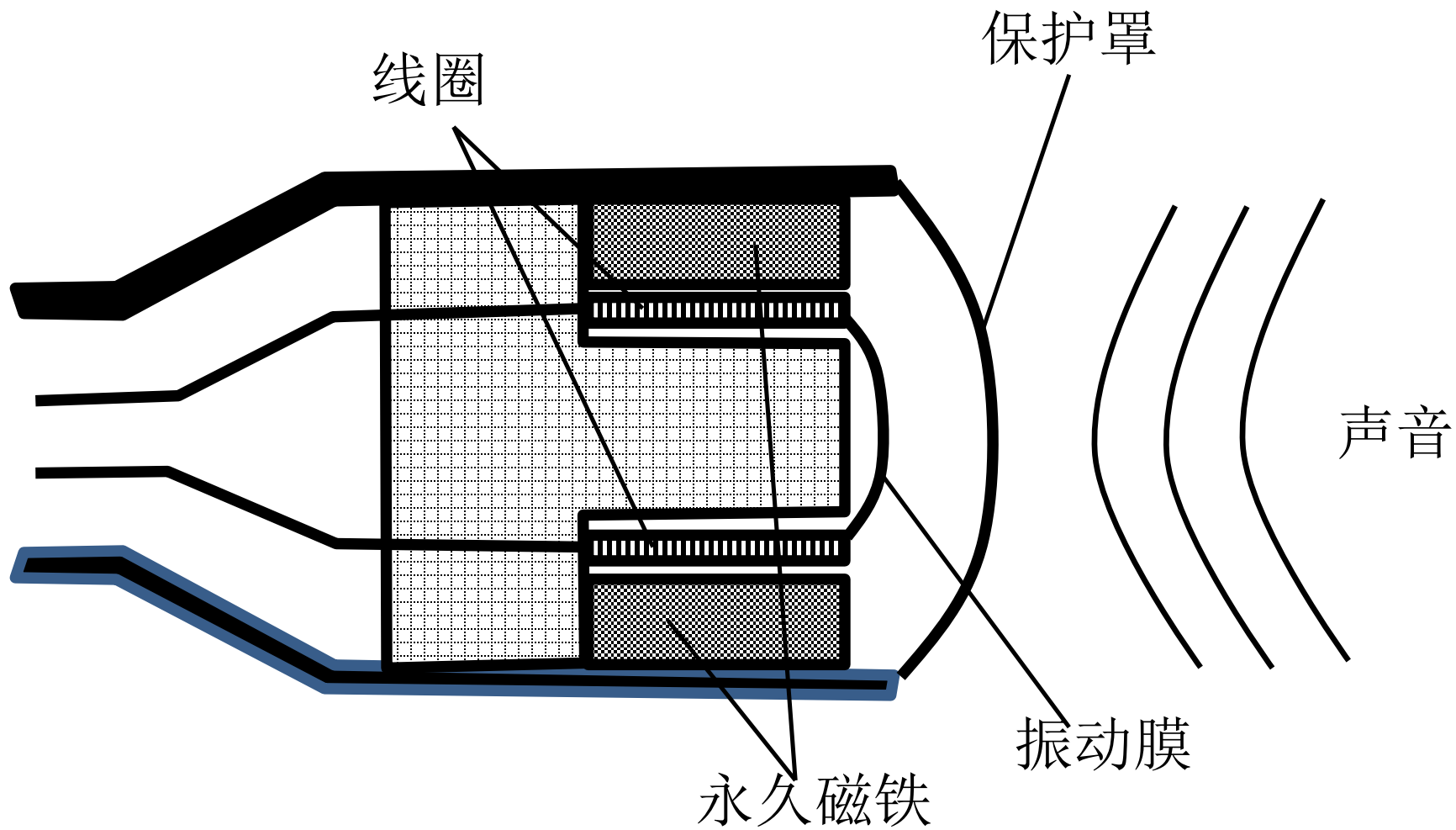


而有了这样的曲线之后，为了再现声音，用一种胶木板来代替上面的纸张，按声音的波形在胶木板上刻出槽，将上图的笔换成一根针嵌在槽里，则当胶木板与同样的速度前进的时候，就带动了针被迫地按所刻槽的形状振动，将此振动再传导到振动膜，则振动膜也就发出了以前纪录的声音。这也就是当年机械留声机的原理。

而现在的录音和播放音乐都是通过电磁转换来实现的，图 1-5给出了话筒的原理结构图。

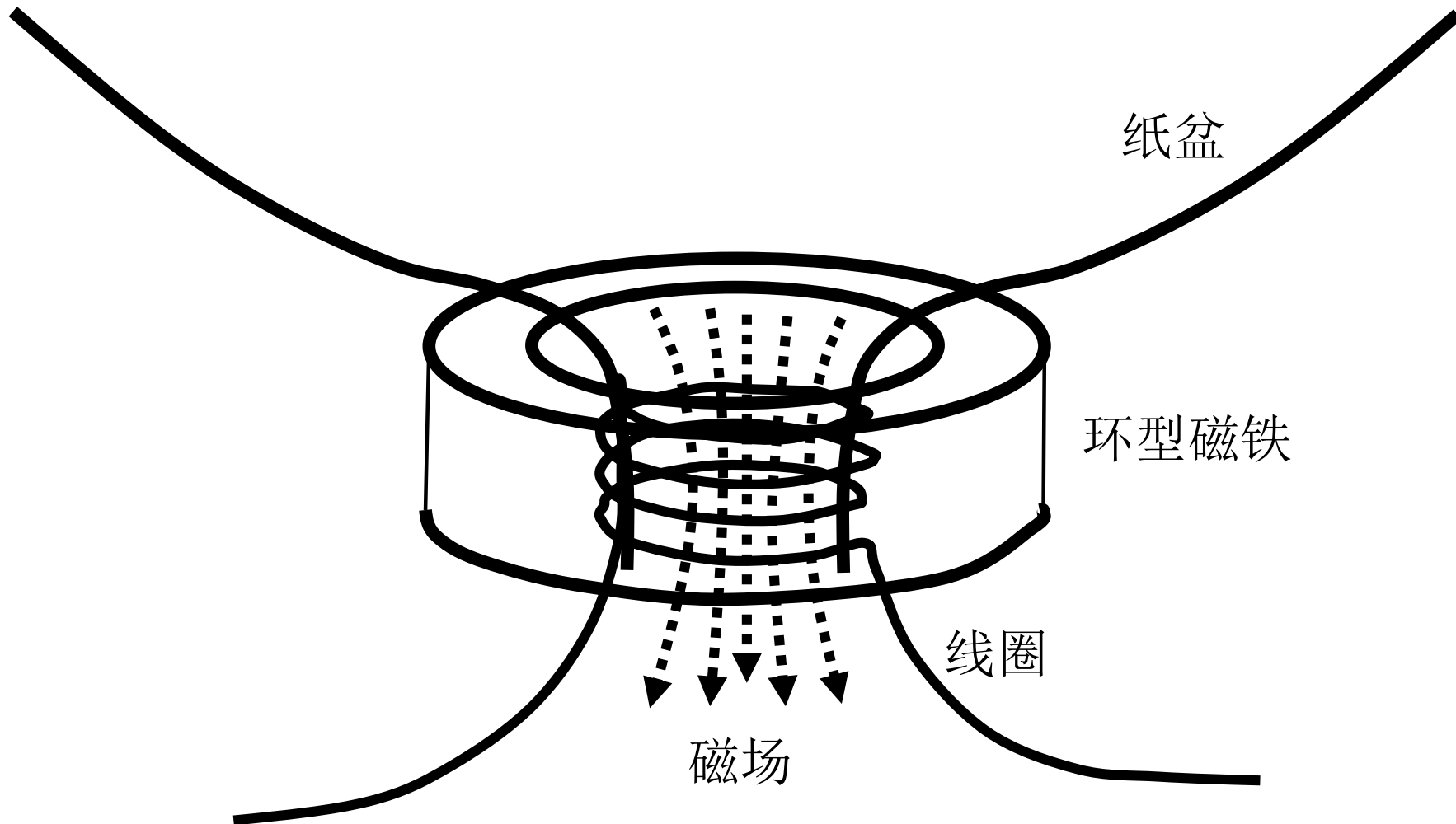
图中有一个振动膜和一个线圈相连，此线圈置于永久磁铁产生的磁场之中，当声音传播过来时，使振动膜振动，带动线圈振动，线圈在振动中切割磁力线而产生电流，这个电流由两根线输入到录制设备中。

图1-5



而一个喇叭发声的原理结构图如图 1-6 所示。一个线圈与纸盆粘在一起，放置于环型磁铁的磁场中，让与声音振动一样的电流通过线圈，就使得线圈带动纸盆产生与电流一样的声音振动，声音就播放出来了。

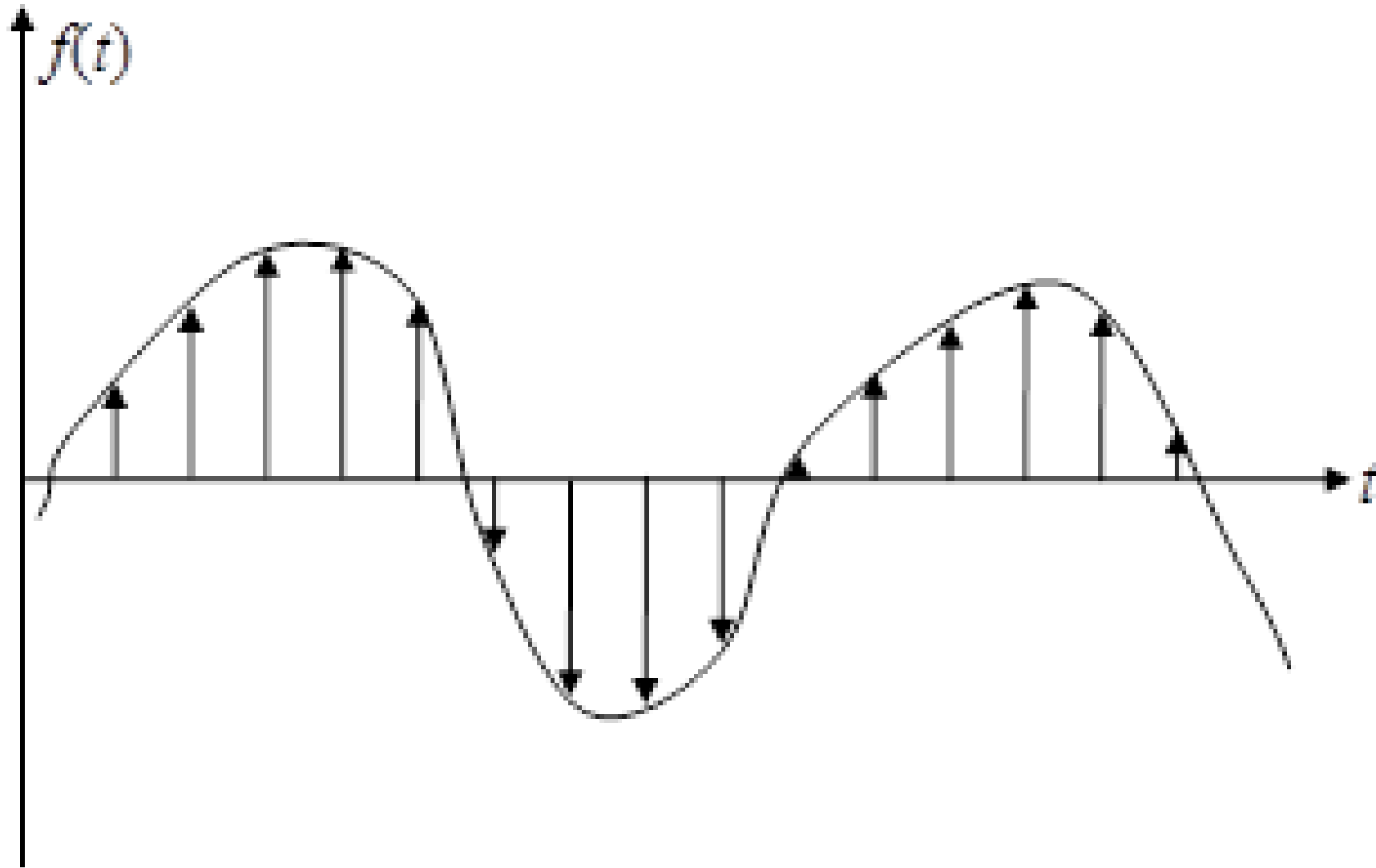
图1-6



而现代电子技术是普遍采用数字化技术，将声音都采样成一系列的数字送入电脑存储的。当需要播放的时候，也是从电脑中将一系列的数字取出依次送往耳机或者喇叭的。

每一段时间的声音都可以视为一个自变量为 $t$ 的函数 $f(t)$ ，对这个函数进行采样的原理如图 1-7所示，就是每隔一段很短的时间记录下 $f(t)$ 的函数值，在数学上就是产生一系列的数字 $a_1=f(0), a_2=f(\Delta t), a_3=f(2\Delta t), \dots, a_n=f((n-1)\Delta t)$ ，这样的 $n$ 个数字，将这 $n$ 个数字按照一定的文件格式存放在声音文件中，如果用户想要再听见这些声音，也就将这 $n$ 个数字再转换成电流，按同样的间隔送到喇叭，则人耳就可以听到以前录制的声音了。其中的 $\Delta t$ 称为采样间隔，现在通常是按每22.675微秒采一次样， $\Delta t$ 的倒数称为采样频率，为每秒钟44100个数字。

图1-7



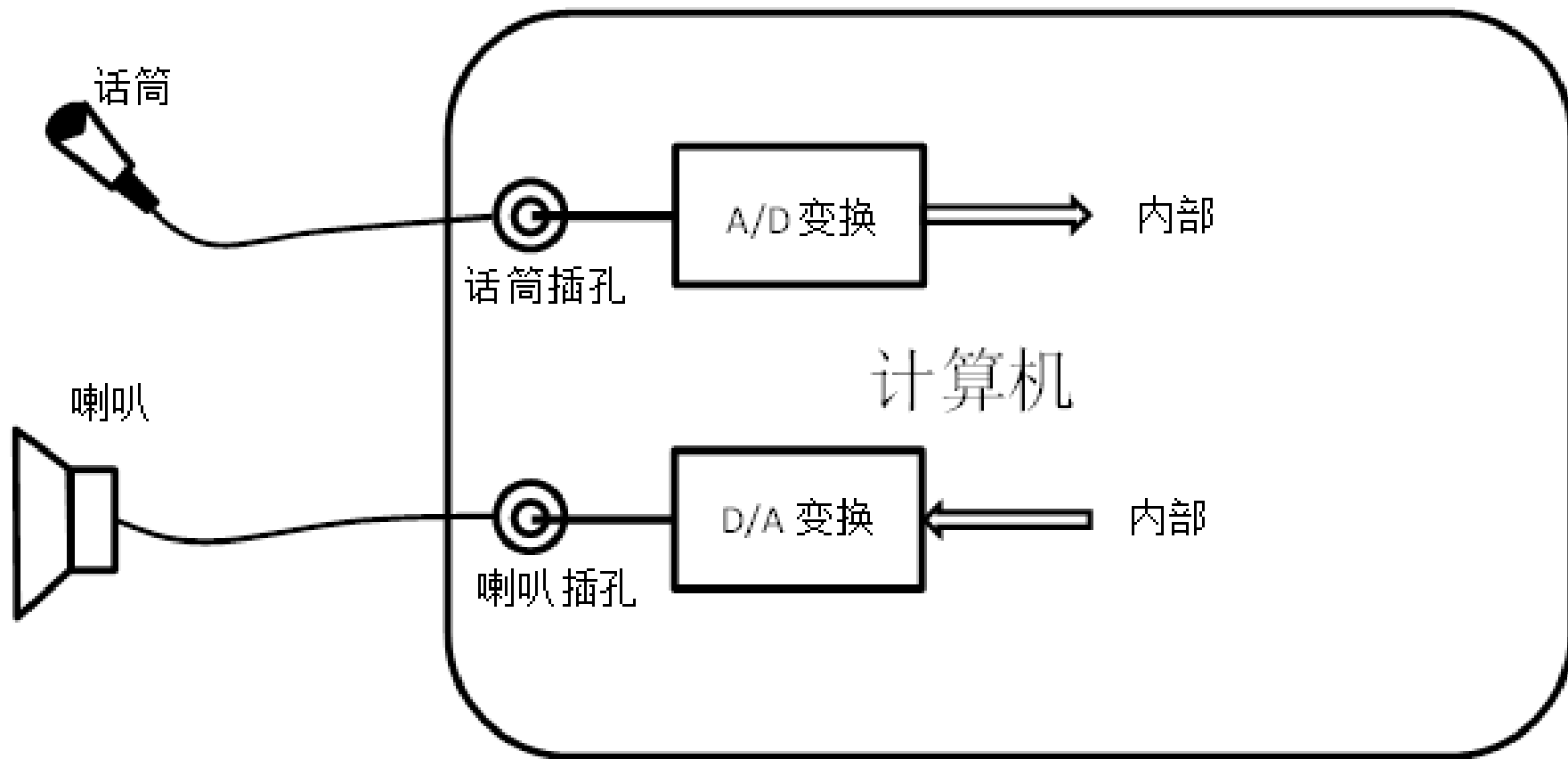


例如，假设有一首歌长度为**5**分钟，就是**300**秒，则它转换为数字就是**300**乘**44100**等于**13230000**个数字，在电脑里通常用两个字节来存放一个数字，因此这首歌就需要有**13230000**乘**2**等于**26460000**个字节来存放，而电脑技术通常将一百万个字节称为**1M**，念一兆，因此这个长度为**5**分钟的声音就需要**26M**字节来存放。

但这假设的是录制的时候是单声道的，如果是双声道，则存储量还需要增加一倍，即需要**52M**字节来存放**5**分钟长度的声音。这种存放声音的格式比较原始，称按这种格式存放的声音文件格式为**wav**文件格式。但是也有人嫌这样的文件存储量太大了，因此就想办法有一系列的压缩算法将这一串数字压缩成很少一点。常用的压缩格式的声音文件格式是**mp3**文件格式。

将声音的函数  $f(t)$  转换成一系列数字  $a_1, a_2, \dots, a_n$  的电子器件叫模/数(A/D)转换器, 而将一系列的数字  $a_1, a_2, \dots, a_n$  变成能够送到喇叭的电脑的电子器件叫数模(D/A)转换器, 因此利用电脑来进行声音录制和声音播放的原理如图 1-8所示。

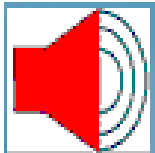
图1-8



如图所示，话筒里的声音信号从话筒的插孔送入到**A/D**变换器的入口，出来的双箭头代表了一系列的数字，送到计算机的内部进行处理和存储。而在播放声音时，则是计算机内部的声音送到**D/A**变换器的入口，则出口送到喇叭插孔后再送到喇叭或者耳机进行发声。

当然，现在也普遍采用将话筒插孔和喇叭插孔合并为一个插孔叫耳麦插孔的。

为了方便对声音的研究，笔者编写了一个简易程序名叫**testsnd.exe**，用来对声音进行研究，使用者只需要键入一系列数字，则程序将这些数字用直线连成波形送到喇叭发音，让人听听感觉。此程序也在下载的教唱歌软件的压缩文件中，只需要解压缩后就可以运行，无须安装。下面通过举例来讲解此程序的使用法。

双击**testsnd.exe**的图标 ，程序运行将弹出一个对话框。在对话框的三个按钮的下方有一个编辑框，在此编辑框中单击后，键入如下**15**个数，用逗号隔开：

**0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,**

然后单击“单个波形”按钮，程序将显示根据上面的**15**个数产生的波形，如图 1-9 所示。

# 图 1-9



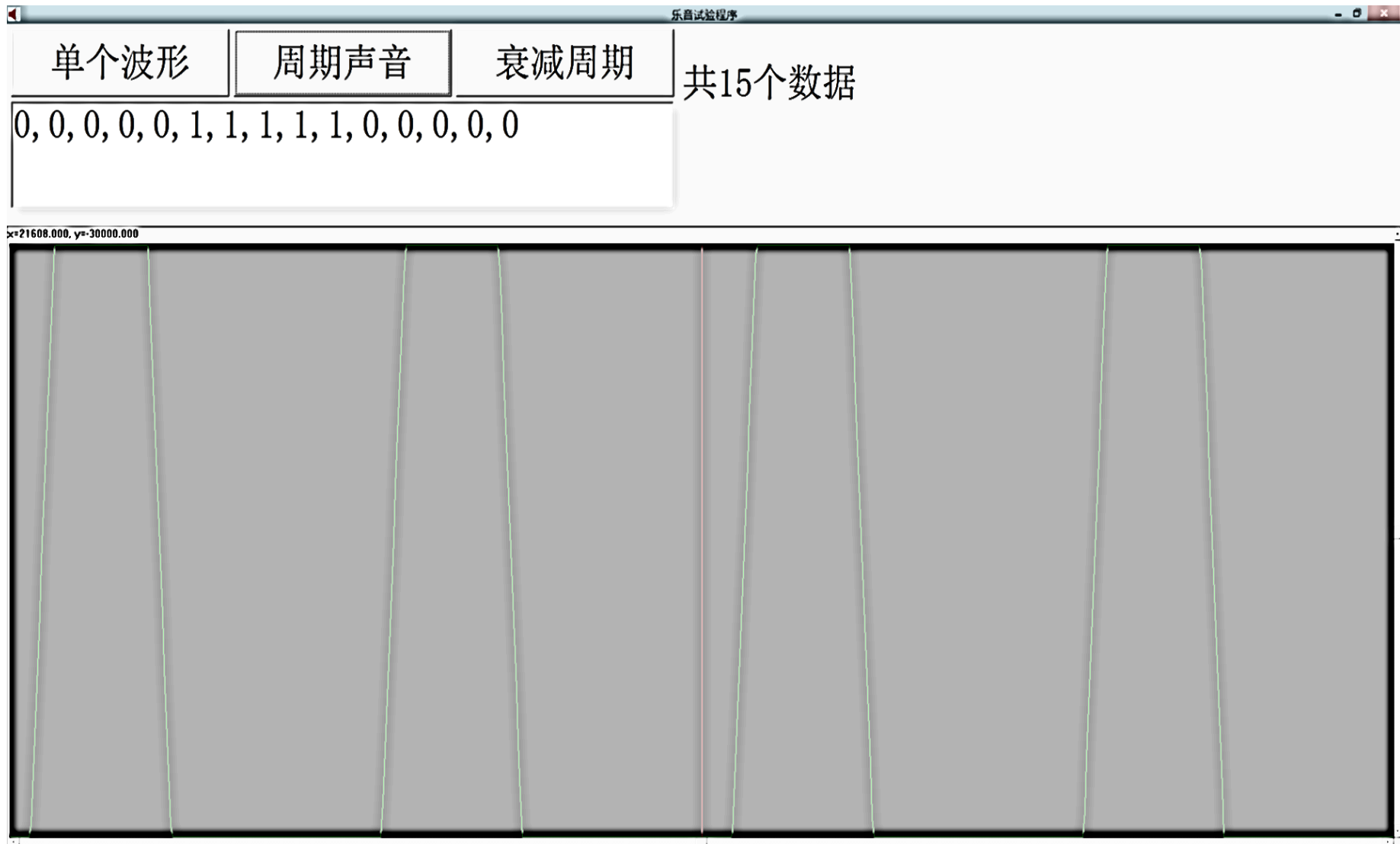


然后就单击“周期声音”按钮，这时将这个**3.82**毫秒长的方波波形一次接一次地周期性重复地送到喇叭，这个时候你能够听到一个周期为**3.82**毫秒的声音振动了三秒钟，相当于每秒钟振动 **$1/3.82=261.6$** 次的周期波形，或者说，这个声音的频率为**261.6**赫兹，笔者之所以要用一个波形来重复而产生频率为**261.6**赫兹的声音，是因为这个频率在音乐上被称为**C**调，但是严格地说它是被记作 **$c_1$** 调。

这样的声音是振动稳定的三秒钟的声音，相当于某些吹奏乐持续地吹奏一个声音，而如果单击“衰减周期按钮”，则程序会制造一个不断衰减的周期振荡的声音，类似于钢琴或者其它弹拨乐弹一下琴弦的声音。

在此程序的显示波形的窗口中，有下面和右边两个滚行条。拖动下面的滚行条，会将一根红线在窗口中移动，指向你感兴趣的地方，然后再拖动右边的滚行条，就可以将红线所处的位置的波形放大来看，可以观察波形的细节情况。这时还可以按下鼠标左右拖动来观察声音的细节变化。如图 1-10所示。

# 图1-10



上面讲的几个0几个1而构成了方波，其实可以在编辑框输入任何数，包括小数，负数。例如，假设输入0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,则输入的叫锯齿波，但是再增加几个数，输入0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,9,8,7,6,4,3,2,1,这就是三角波了，然后都可以单击“周期声音”按钮或“衰减周期”按钮来听一听这样的声音的效果。

学生也可以自己胡乱输入一些数字，然后试着听听不同的声音。

因此，声音的波形，可以分为非周期性的和周期性的两种，通常将前一种叫噪音，而周期性的叫乐音，一个人练习唱歌，主要是要唱出乐音。

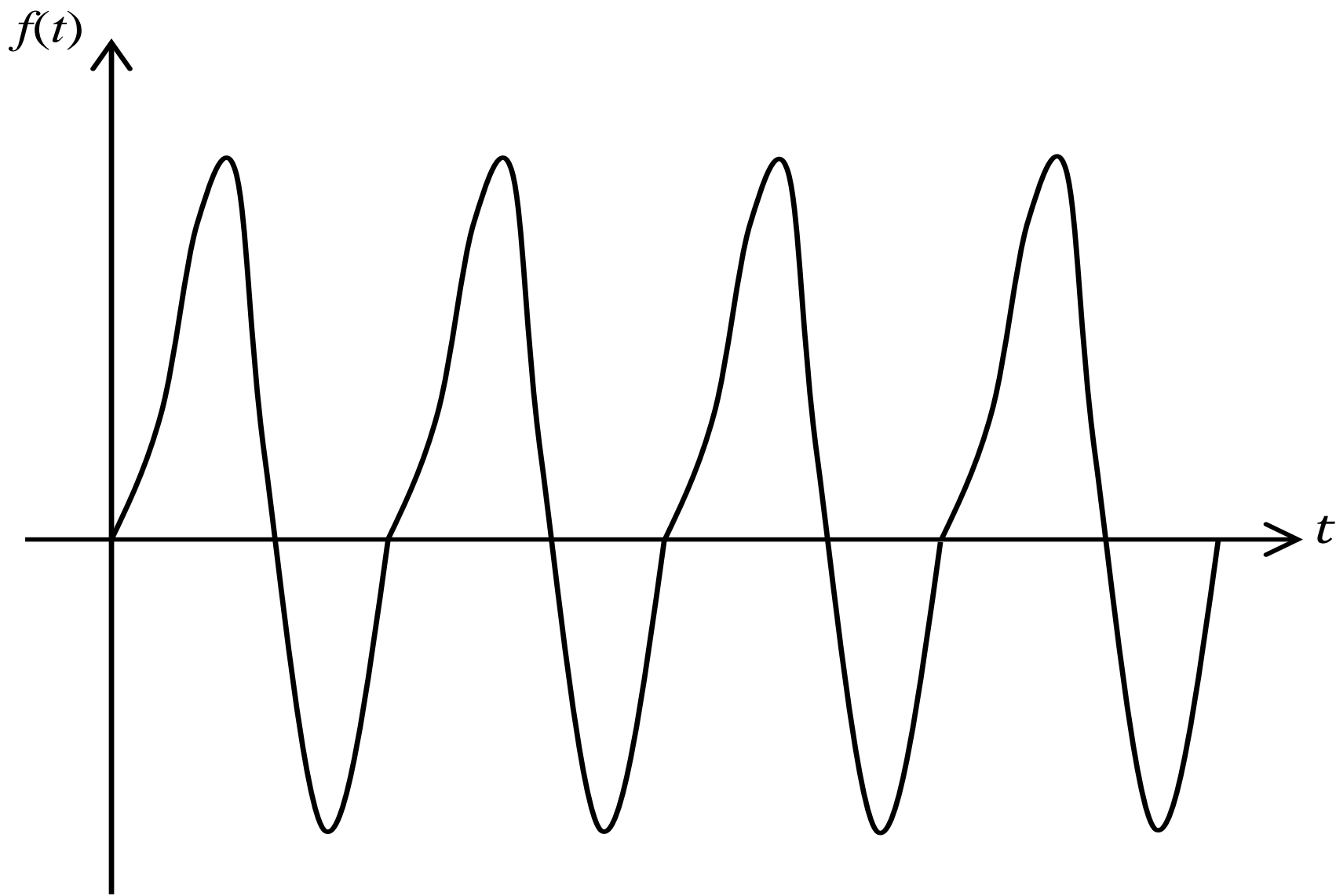
因此，乐音如果用以时间为自变量的函数  $f(t)$  来描述，它具有周期性，比如说音乐试验程序产生的就是周期为**3.82**毫秒的声音，因此如果拿毫秒作为自变量  $t$  的单位来描述  $f(t)$ ，这个函数的特点就是对任何指定的自变量  $t$  都有

$$f(t+3.82)=f(t)$$

所有的具有这个特点的函数，在一个周期里虽然波形不一样，但是都将产生频率为**216.6**赫芝的乐音，就是**c<sub>1</sub>**调。但是声音的感觉不一样，是由一个周期内的函数值的变化形成的，这一个周期内函数值的变化过程，被称为这个乐音的音色。一个典型的周期信号的函数，或者说乐音的函数随时间变化的曲线，如图 1-11所示。



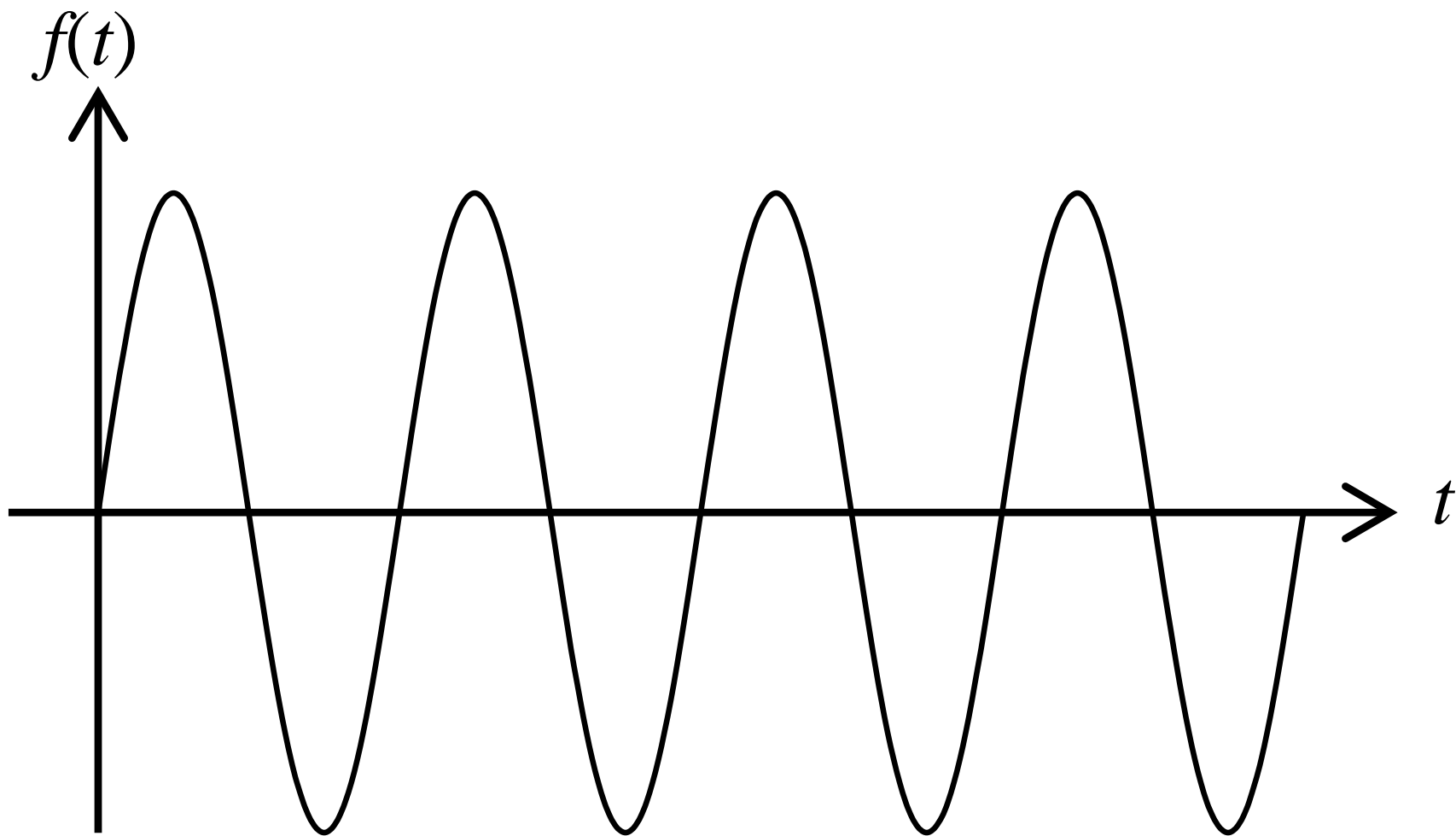
图1-11



## 1.4 基本波形正弦波

在各种各样的乐音中，有一类波形的声音称为正弦波，它的图形如图 1-12所示。它是以著名的正弦函数 $\sin(t)$ 为基础的。我们知道 $\sin(t)$ 是一个周期函数，周期的长度为 $2\pi$ ，其中 $\pi$ 是圆周率，约为3.14，因此 $2\pi$ 就约为6.28。

图1-12



6.28的倒数约为0.16，也就是说，如果有振动就是按照函数 $\sin(t)$ 来， $t$ 以秒为单位，将会发出一个频率为0.16的次声波，我们人耳是听不见的。但是如果我们定义函数为 $\sin(at)$ ，其中 $a$ 是一个较大的数，我们就可以产生任何频率的正弦波，例如，我们令 $a=1644$ ，就会产生出 $c_1$ 调的正弦波。此外，将正弦波乘上一个数，且有一定的相移，即写成 $c\sin(at+b)$ ，这样的函数还是象 $\sin(t)$ 的形状，因此也都叫正弦波。

$$c\sin(at+b)$$

或者说，三个数  $a, b, c$  决定了一个正弦波，其中  $c$  是幅度，代表声音的强弱，如果  $c$  很大，我们会听到震耳欲聋的声音，如果  $c$  很小，我们就听到很微小的声音，而  $a$  代表振动的频率， $b$  代表相移。

任何一种声音，无论是噪音还是乐音，它有一个声音发出的地方，例如人唱歌的声带，钢琴被弹动的弦，这个地方称作声源。而一个声音从声源发出之后，经过了空气的传递，也经过了一些周围的环境的反射和折射，最后到达人的耳朵。在传播的过程中，由于环境和媒介的不同，导致声音会产生失真，例如，原来是方波的声音，到达耳朵的时候已经不是方波了，或者原来是锯齿波的声音，到耳朵时也不是锯齿波了。

根据从声源到耳朵的这个传递环境，能够计算出声音的变化，这需要解非常复杂的偏微分方程，通常称作数学物理方程。数学物理方程是数学分支中非常可怕的一门课，因为一个简单的环境，求解起来都是极为复杂的，因此大量的学生就在这门课程中挂掉了。

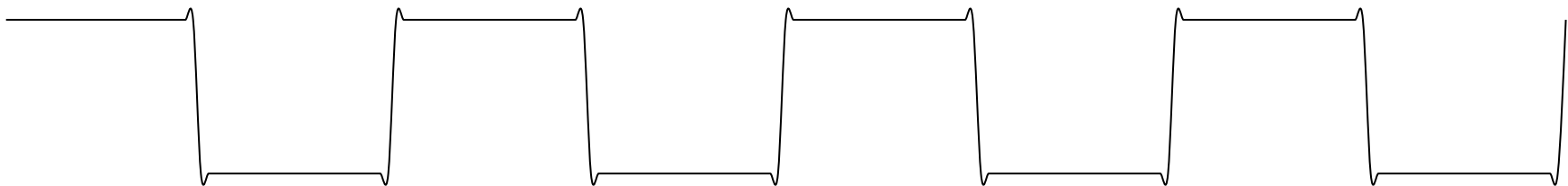
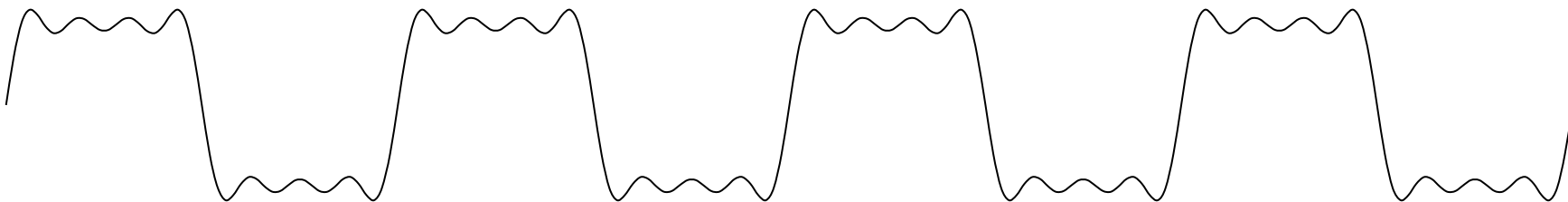
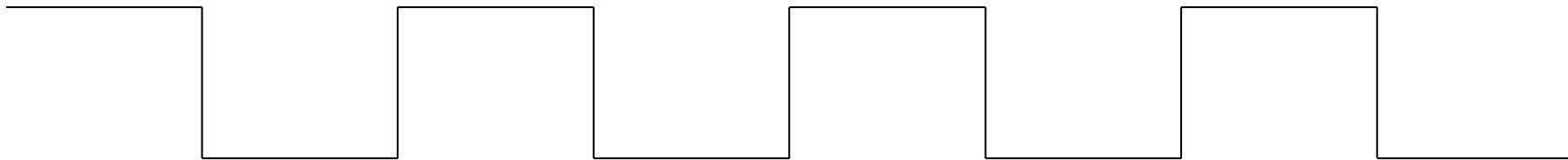


但是数学物理方程中的偏微分方程都是来源于牛顿力学和麦克斯韦方程组，因此都是线性的。对于线性的微分方程，正弦波有一个独一无二的特点，就是它从声源传递到耳朵，是不失真的，只不过是幅度和相位有所变化，频率也是不变的。

数学上还可以证明，任何频率为 $f$ 的乐音，无论它的音色如何，都可以视为，或者说，分解为若干个频率为 $f$ 的倍数的幅度和相位都可能不同的正弦波的相加。例如一个 $c_1$ 调的钢琴声，频率是216.6赫芝，它可以分解为频率分别为216.6, 523.3, 1047, ... 等等正弦波的相加。

图 1-13表示了用4个和100个正弦波近似方波的情况。

图1-13



因此物理学认为正弦波是一种基本的波形，所有的声音无非是各种频率，幅度和相位不同的正弦波的相加。

而说人耳听到的最高频率的声音为两万赫兹，也是指的正弦波的频率，更高倍频的振动就听不到了。

作业：  
习题一  
1,2题