DOI:10.16184/j.cnki.comprg.2012.14.021

对计算机发声系统的剖析

武新丽
(河北廊坊师范学院数学与信息科学学院，河北 廊坊 065000)

摘　要：对计算机发声系统的原理进行了详尽的分析，阐述了以位触发和可编程时间间隔定时器 8253/54 两种方式驱动扬声器发声的方法和技术。在有关时间延迟上，介绍了一种利用硬件产生的与 CPU 无关的时间延迟的方法。实现了利用通用发声程序让计算机演奏自己编制的乐曲。

关键词：扬声器；定时器

Analysis on Computer Sound System

WU Xin-li
(Department of Mathematics & Information Seience , Langfang Teachers' College , Hebei Langfang 065000 , China)

Abstract: This thesis analyses the principle of computer Sound System thoroughly.And introduces ways and technique of producing sound with speaker by bit triggering and Programmable Interval Timer 8253/54.Especially on time prolongation, way of time prolongation made by hardware,not CPU,is adopted.Then computer plays self-composed songs through common sound programme.

Key words: speaker ; timer

1　前言

在计算机上听 CD，可以放 VCD、DVD 等现成的已经录制好的多媒体作品。为什么还要研究计算机自己的声音呢？如果编写一个游戏程序，若加上特制的音乐和声音会使游戏更加生动有趣；在演示自己编制的表演程序时，若加上自己定制的音响则会使表演更加丰富多彩。在大多数程序中，计算机发出的声音常用来表示出错信息，或表示一个过程的结束，这时声音就成为一种很有效的人—机通信方式。如果掌握了计算机发声系统的原理，在自己的作品中加上自己编制的音响，则会使作品锦上添花，使工作游刃有余。

2　计算机发声系统的原理

为了具有音响输出的能力，系统板上装有一个约 2.25 英寸的扬声器以及控制电路和驱动电路。PC 机上的大多数 I/O 都是由主板上的 8255 (或 8255A) 可编程序外围接口芯片 (PPI) 管理的。PPI 包括 3 个 8 位寄存器，两个用于输入功能，一个用于输出功能。输入寄存器分配的 I/O 端口号为 60H 和 62H，输出寄存器分配的 I/O 端口号为 61H 。由 PPI 的输出寄存器中的 0 和 1 两位来控制扬声器的驱动方式，如见图 1 所示。

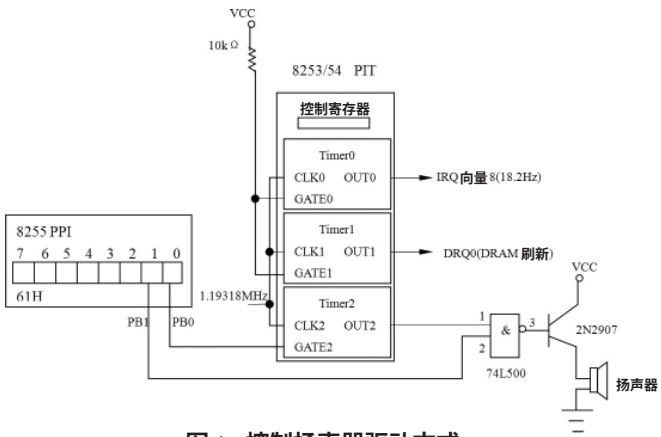

图 1　控制扬声器驱动方式

驱动扬声器有两种方式：

① 利用可编程时间间隔定时器 8253/8254。

② 位触发方式。

下面对这两种驱动方式分别进行讨论。

2.1　利用 8253/8254 定时器驱动扬声器

2.1.1 可编程时间间隔定时器 8253/8254

在 8253/54 定时器内部有 3 个独立工作的计数器：Timer0，Timer1，Timer2，端口地址分别为 40H，41H，42H。8253/54 内部还有一个公用的控制寄存器，端口地址为 43H。每个计数器由 3 个引脚和外部联系，如图 1 所示。CLK 为时钟输入端，GATE 为门控信号输入端，OUT 为计数/定时信号输出端。每个计数器中包含一个 16 位的计数寄存器。对 8253/54 编程时，3 个计数器是分别编程的。在对任一个计数器编程时，必须首先将控制字节写入控制寄存器，控制字的作用是告诉 8253/54 选择哪一个计数器工作，要求输出什么样的脉冲波形。此外，对 8253/54 的初始化工作还包括向选定的计数器送入一个计数初值，如产生声音频率的计数值。图 2 所示是控制字的格式，控制字节各位的含义如下：

D0——选择计数值的格式。

D3,D2 和 D1——选择操作模式。

D5 和 D4——读写指示位。

D7 和 D6——选择计数器。

定时器因选择的计数器不同有 3 种用途，通常也称为 3 种定时器。计数器 0 作为定时器 (定时器 0) 为系统日时钟提供计时基准；计数器 1 作为定时器 (定时器 1)，其输出脉冲用作 DRAM 刷新的定时信号；连接到扬声器上的是计数器 2

作者简介：武新丽 (1973-)，女，计算机专业，讲师，研究方向：计算机应用。

收稿日期：2012-05-30

(定时器 2)。

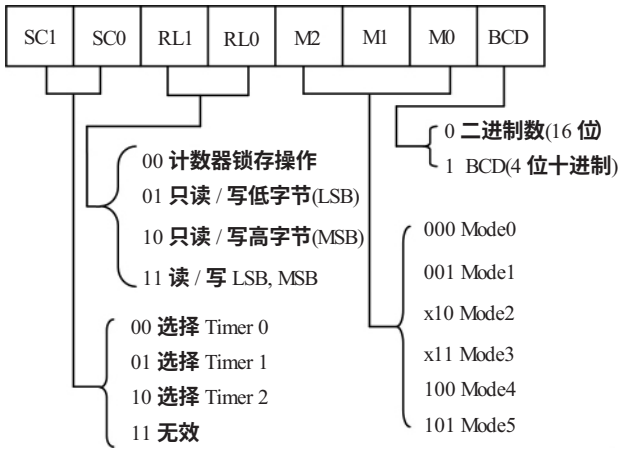

图 2 控制字格式

2.1.2 利用 8253/54 定时器驱动扬声器

计数器 2 用于发声时，一般采用模式 3，在模式 3 下，输出线为“1”和“0”的时间各占计数时间的一半，因而产生一系列间隔均匀的脉冲。从图 1 可以看到，GATE2 与端口 61H 的 PB0 相连，当 PB0=1 时，GATE2 获得高电平，使定时器 2 可以在模式 3 下工作。定时器 2 的 OUT2 与端口 61H 的 PB1 通过一个与门与扬声器的驱动电路相连。当 PB1=1 时，允许 OUT2 的输出信号到达扬声器电路。利用计数器 2 驱动扬声器发声的编程思路如下：

(1) 在 8253/54 中的 43H 端口送一个控制字 10110110B (选 Timer2,LSB 和 MSB,Mode3,二进制格式)，该控制字对定时器 2 进行初始化，使定时器 2 准备接收计数初值。

(2) 在 8253/54 中的 42H 端口 (Timer2) 装入一个 16 位的计数值，以建立将要产生的声音频率。

(3) 把输出端口 61H 的 0、1 两位置 1，发出声音。

2.1.3 通用发声程序

在 IBM BIOS 中有个 BEEP 子程序，它在模式 3 下，能产生频率为 896Hz 的声音，装入计数器 2 的计数初值为 533H (1.19318MHz/896Hz=1331=533H，在 IBM PC 机中 8253/54 的 3 个时钟端 CLK0、CLK1、CLK2 的输入频率都是 1.19318MHz)。该程序的用途是当“加电自测”系统发现硬件错误后，由 ERROR_BEEP 处理程序调用 BEEP 子程序，使扬声器发出“都都”的信号。实际上 BEEP 是一个很好的通用发声程序，可以利用并修改 BEEP，使其产生任一频率的声音。为此，需要做两点修改。首先，BEEP 程序只能产生 896Hz 的声音，通用发声程序应能产生任一频率的声音。其次，BEEP 产生声音的持续时间 (音长) 只能是 0.5s 的倍数，我们希望声音的持续时间更易于调整，例如可以是 10ms 的倍数。因此控制声音的频率和持续时间是两个关键数据。

先来看特定频率的声音如何产生。给计数器 2 装入的计数初值为 533H，就能产生频率为 896Hz 的声音，那么产生其他频率声音的计数值就可由下式计算出来：1193100÷给定频率=12348CH÷给定频率。

利用 CPU 来产生延迟时间是最常用的一种方法，但对 8088/86，80286，486 以及 Pentium 来说，它们产生的延迟时间都是不一样的，因为不同的 CPU，不仅它们的工作频率不同，执行同一指令的时钟周期数也不一样。为了建立一个与处理器无关的时间延迟，IBM 采用了一种利用硬件产生时间延迟的方法，即通过监控端口 61H 的 PB4，使 PB4 每 15.08μs 触发一次，以产生一个固定不变的时间基准。在 IBM PC/AT BIOS 中的 WAITF 子程序就是一个产生 N×15.08μs 时间延迟的程序。利用 WAITF 子程序可获得任意的延迟时间，例如要获得 10ms 的延迟时间，计数值就设置为 663 (10ms/15.08μs=663.1) 利用定时器驱动扬声器发声的通用发声程序可编写如下：

```
music proc near
        push ax
        push bx
        push cx
        push dx
        push di
        mov al,0b6h  ;送控制字 10110110B
        out 43h,al   ;给控制寄存器
        mov dx,0012h
        mov ax,348ch
        div di   ; (ax) =送给计数器 2 的 16 位计数初值
        out 42h,al
        mov al,ah
        out 42h,al
        in al,61h
        mov ah,al
        or al,3
        out 61h,al
        ;将端口 61H 的 0、1 两位置 1，接通扬声器
wait1:  mov cx,663d   ; (cx) =延迟 10ms 的计数值
        call waitf
        dec bx  ; (bx) = 10ms 的倍数
        jnz wait1
        mov al,ah
        out 61h,al
        pop di
        pop dx
        pop cx
        pop bx
        pop ax
        ret
music endp
waitf   proc near
        push ax
waitf1: in al,61h
        and al,10h
        cmp al,ah
        je waitf1
        mov ah,al
        loop waitf1
        pop ax
        ret
waitf   endp
```


(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 位触发方式

程序通过 I/O 指令控制 PPI 的输出控制寄存器的 PB1，使该位按所需的频率进行 1 和 0 的交替变化，而端口 61H 的 PB1 和扬声器的脉冲门相连，当该位位 0 变为 1，延迟一会儿又由 1 变为 0 时，脉冲门就先打开后关闭，产生了一串脉冲波形。这些脉冲波形经放大后驱动扬声器发出声音。如能控制这一串脉冲波形的脉宽和长度就可以产生不同频率和不同音长的声音。

先看不同频率的产生，程序必须将频率转化为控制脉冲宽度的计数值。其原理如图 3 所示。

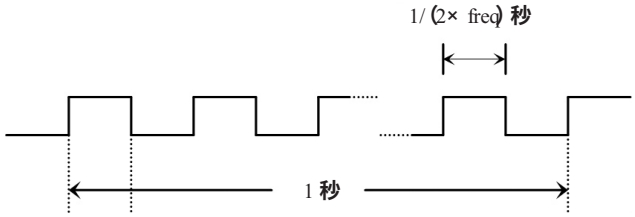

图 3 将频率转化为脉冲

设频率为 freq，则脉冲周期为 1/freq，一个半波形（脉宽）所需的时间就为 1/(2×freq) 秒，用这个时间值来控制输出端口 61H 的第 1 位 1/0 的延迟时间，也就控制了开关电路所产生脉冲的频率，从而驱动扬声器发出一定频率的音响。1/(2×freq) 秒的延迟时间可通过调用 WAITF 子程序来实现。计数值设置为 663.13 可得到 10ms 的延迟时间。1/(2×freq) 秒的延迟时间要装入的计数值可由下式得到：

$$\frac{663.13\times 100}{2\times freq}=663.13\times 50/freq=8184H/freq。$$

至于不同音长的产生，程序须将音长转化为控制脉宽的重复次数。音长计数值/控制脉宽的计数值，即可得到一个音长需多少个脉宽。

利用位触发方式驱动扬声器发声的通用子程序如下：

```
 sound proc near
        push ax
        push cx
  push dx
  push di
 xor dx,dx
   mov ax,8184h
   div di
   mov cx,ax ; (ax) = 控制脉宽计数值
   xchg ax,bx       ; (bx) =最初为音长计数值
   xor dx,dx
   div bx
   mov bx,ax ; (bx) =最终为一个音长需多少个脉宽
   in al,61h
   mov ah,al
   and al,11111100b
sound1:    push cx
 xor al,2
   out 61h,al
   call waitf
   pop cx
 dec bx
  jnz sound1
  mov al,ah
  out 61h,al
        pop di
        pop dx
        pop cx
        pop ax
        ret
sound endp
```

3 让计算机演奏乐曲

利用计算机控制发声的原理，可以编写演奏乐曲的程序。乐曲是按照一定的高低、长短和强弱的音调组成。在一首乐曲中，每个音符的音高和音长与频率和节拍有关。图 4 画出了两个音阶（一个音阶是 8 个音符）的钢琴键和每个键的音名及其频率（Hz）。

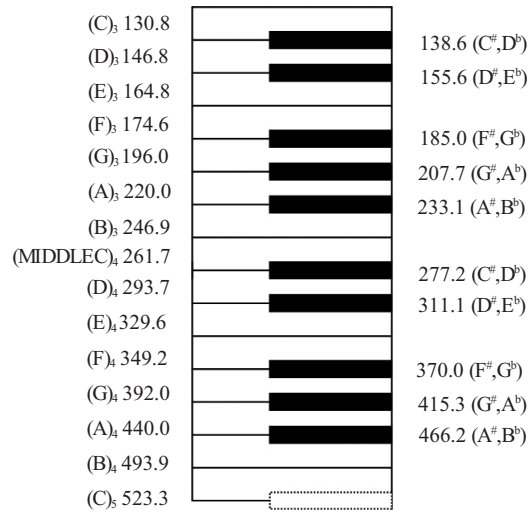

图 4 音名及频率

组成乐曲的每个音符的频率值和持续时间是乐曲程序发声所需的两个数据。音符的频率值可从图 4 中查到，音符的持续时间是根据乐曲的速度及每个音符的节拍数来确定的。在 4/4（四四拍）中，每小节 4 拍，全音符持续 4 拍，二分音符持续 2 拍，四分音符持续 1 拍，八分音符持续半拍等。如果给全音符分配 1s（100×10ms）的时间，则二分音符的持续时间为 0.5s（50×10ms），四分音符的持续时间为 0.25s（25×10ms），八分音符的持续时间为 0.125s（12.5×10ms）。

知道了音调与频率和时间的关系，就可以按照乐曲的曲谱将每个音符的频率和持续时间定义成两个数据表；然后编写程序依次取出表中的频率值和时间值，调用通用发声子程序 music 或 sound 即可让计算机演奏乐曲。注意，调用 sound 程序，一般需将音长计数值再扩大一定的倍数，如 10 倍。因为音长计数值除以控制脉宽的计数值取整后其值有可能为零，容易使程序陷入死循环。因此，大多数情况下，人们一般都选用 music 程序。

例：编写程序，使计算机发出音响并奏出《太湖船》的乐曲。乐曲《太湖船》的简谱如下：

（下转到 42 页）

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

主要由部分用户构成，上网时间超过 10 个小时，上行流量及下行流量均比较大，网络行为主要是 P2P 下载、在线视频等。第四类规模较小，主要由学校家属区用户组成，上网时间主要集中在晚上 8 点之后，流量不大，主要网络行为是网页浏览和休闲网络游戏等。

通过以上数据分析可以看出第一类、第二类用户无论是相似度或是关联度都非常强，第三类和第四类用户则与其他类距离相对较远。根据用户的网络行为聚类结果，可以调整相关的计费策略以保证网络的高校运行，例如可以调整第三类用户网络费用，从而避免在网络使用高峰时段占有更多的网络带宽资源。

3 结语

将 SOM 神经网络和 FCM 聚类算法结合起来用于校园网 Web 日志进行聚类分析，克服了对样本数据输入顺序的依赖性，同时加快了收敛速度，提高了聚类质量，而且通过聚类结果分析可以更全面地了解用户的网络行为，根据不同的用户群体调整网络费用，从而提高服务效率和管理质量，更好地保证网络的高效运行。因此对网络用户的行为规则进行更有效的分析，对今后校园网络智能化的实现有着现实意义。

参考文献

[1] 高新波. 模糊聚类分析及其应用.西安：西安电子科技大学出版社，2004.

[2] Simon Haykin. 叶世伟，译.神经网络原理. 北京：机械工业出版社，2004.

[3] 胡宝清. 模糊理论基础.武汉：武汉大学出版社，2004.

[4] 郭莹，白硕，杨志峰，等. 网络日志规模分析和用户兴趣挖掘. 计算机学报，2005，28 (9)：1483-1496.

[5] 徐涌，陈恩红，王煦法. 基于神经网络的 Web 用户行为聚类分析. 小型微型计算机系统，2001，6：699-702.

[6] 董长虹. Matlab 神经网络与应用. 北京：国防工业出版社，2007.

[7] AbhIjitS，Pandya.RoberI B Macy 神经网络模式识别及其实现. 北京：电子工业出版社，1999.

[8] 韩力群. 人工神经网络理论、设计及应用. 化学工业出版，2007.

（上接第 14 页）

```
  |3 — 5 —|3 — 2  3 |5 — 3  2 |3 — — — |
  |3 — 5 —|3  2  1 —|2 — 3  5 |2 — — — |
  |1 — 1  6|5 — 5  6 |1 — 2  3 |1 — — — |
dseg segment para ´data´
mus_freq dw 330,392,330,294,330,392,330,294,330
         dw 330,392,330,294,262,294,330,392,294
           dw 262,262,220,196,196,220,262,294,330,262
         dw -1
mus_time dw 3 dup   (50)  ,25,25,50,25,25,100
          dw 2 dup   (50,50,25,25)  ,100
          dw 3 dup   (50,25,25)  ,100
dseg ends
cseg segment para ´code´
     assume cs:cseg,ds:dseg
main proc far
             push ds
             sub ax,ax
             push ax
             mov ax,dseg
             mov ds,ax
             lea si,mus_freq
             lea bp,ds:mus_time
     freq:   mov di, [si]
             cmp di,-1
             je  end_mus
             mov bx,ds: [bp]
             call music
             add si,2
             add bp,2
             jmp freq
     end_mus:
             ret
main endp
cseg ends
             end main
```

4 结语

阐述了以位触发和可编程时间间隔定时器 8253/54 两种方式驱动扬声器发声的方法和技术。其中的位触发方式以触发监控端口 61H 的 PB1，使其按所需的频率进行 1 和 0 的交替变化从而控制开关电路产生一串脉冲波形，这些脉冲波形经放大后驱动扬声器发出声音。这种驱动方式道理浅显，但音符的延迟时间不易把握；实际生活中比较通用的是利用可编程时间间隔定时器 8253/54，它给定时器 2 送一个控制声音频率的 16 位的计数值，将端口 61H 的 0、1 两位置 1，即可发出该频率产生的声音。声音的延迟本文介绍了一种利用硬件产生延迟时间的方法，这种方法与计算机的 CPU 无关，也就不会受到计算机 CPU 的限制。这种方式易于实现、通用性好，受到了业界人士的青睐。文中最后举例让计算机演奏自己编制的乐曲。若读者感兴趣的话，也可编写程序让计算机键盘模拟钢琴键盘，控制扬声器发出各种音符的声音。因篇幅所限，此内容在这里就不予讨论。

参考文献

[1] 沈美明，温冬婵. IBM-PC 汇编语言程序设计. 2 版. 清华大学出版社，2001.

[2] 齐志儒，等. 汇编语言程序设计. 东北大学出版社，1996.

[3] 沈美明，温冬婵，张赤红. IBM-PC 汇编语言程序设计实验教程. 清华大学出版社，1992.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net