

单片机演奏音乐时音调和节拍的确定方法

来源：伟纳电子网站 www.willlar.com 作者：chenming

经常看到一些刚学单片机的朋友对单片机演奏音乐比较有兴趣，本人也曾是这样。在此，本人将就这方面的知识做一些简介，但愿能对单片机演奏音乐比较有兴趣而又不知其解的朋友能有所启迪。

一般说来，单片机演奏音乐基本都是单音频率，它不包含相应幅度的谐波频率，也就是说不能象电子琴那样能奏出多种音色的声音。因此单片机奏乐只需弄清楚两个概念即可，也就是“音调”和“节拍”。音调表示一个音符唱多高的频率，节拍表示一个音符唱多长的时间。

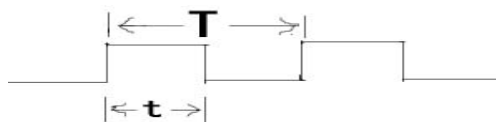
在音乐中所谓“音调”，其实就是我们常说的“音高”。在音乐中常把中央 C 上方的 A 音定为标准音高，其频率 $f=440\text{Hz}$ 。当两个声音信号的频率相差一倍时，也

即 $f_2=2f_1$ 时，则称 f_2 比 f_1 高一个倍频程，在音乐中 1 (do) 与 $\dot{1}$ ，2 (来) 与 $\dot{2}$ …… 正好相差一个倍频程，在音乐学中称它相差一个八度音。在一个八度音内，有 12 个半音。以 1—i 八音区为例，12 个半音是：1— $\sharp 1$ 、 $\sharp 1$ —2、2— $\sharp 2$ 、 $\sharp 2$ —3、3—4、4— $\sharp 4$ 、 $\sharp 4$ —5、5— $\sharp 5$ 、 $\sharp 5$ —6、6— $\sharp 6$ 、 $\sharp 6$ —7、7—i。这 12 个音阶的分度基本上是以对数关系来划分的。如果我们只要知道了这十二个音符的音高，也就是其基本音调的频率，我们就可根据倍频程的关系得到其他音符基本音调的频率。

知道了一个音符的频率后，怎样让单片机发出相应频率的声音呢？一般说来，常采用的方法就是通过单片机的定时器定时中断，将单片机上对应蜂鸣器的 I/O 口来回取反，或者说来回清零，置位，从而让蜂鸣器发出声音，为了让单片机发出不同频率的声音，我们只需将定时器予置不同的定时值就可实现。那么怎样确定一个频率所对应的定时器的定时值呢？以标准音高 A 为例：

A 的频率 $f = 440 \text{ Hz}$ ，其对应的周期为：

$$T = 1/f = 1/440 = 2272 \mu\text{s}$$



由上图可知，单片机上对应蜂鸣器的 I/O 口来回取反的时间应为：

$$t = T/2 = 2272/2 = 1136 \mu\text{s}$$

这个时间 t 也就是单片机上定时器应有的中断触发时间。一般情况下，单片机奏乐时，其定时器为工作方式 1，它以振荡器的十二分频信号为计数脉冲。设振荡器频率为 f_0 ，则定时器的予置初值由下式来确定：

$$t = 12 * (T_{\text{ALL}} - T_{\text{HL}}) / f_0$$

式中 $T_{ALL} = 2^{16} = 65536$, T_{HL} 为定时器待确定的计数初值。因此定时器的高低计数器的初值为：

$$TH = T_{HL} / 256 = (T_{ALL} - t * f_0 / 12) / 256$$

$$TL = T_{HL} \% 256 = (T_{ALL} - t * f_0 / 12) \% 256$$

将 $t=1136 \mu s$ 代入上面两式（注意：计算时应将时间和频率的单位换算一致），即可求出标准音高 A 在单片机晶振频率 $f_0=12Mhz$ ，定时器在工作方式 1 下的定时器高低计数器的予置初值为：

$$TH_{440Hz} = (65536 - 1136 * 12 / 12) / 256 = FBH$$

$$TL_{440Hz} = (65536 - 1136 * 12 / 12) \% 256 = 90H$$

根据上面的求解方法，我们就可求出其他音调相应的计数器的予置初值。

音符的节拍我们可以举例来说明。在一张乐谱中，我们经常会看到这样的表达式，如 $1=C \frac{4}{4}$ 、 $1=G \frac{3}{4}$ …… 等等，这里 $1=C, 1=G$ 表示乐谱的曲调，和我们前面所谈的音调有很大的关联， $\frac{4}{4}$ 、 $\frac{3}{4}$ 就是用来表示节拍的。以 $\frac{3}{4}$ 为例加以说明，它表示乐谱中以四分音符为节拍，每一小结有三拍。比如：

$$1=C \quad \frac{3}{4}$$

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

其中 1、2 为一拍，3、4、5 为一拍，6 为一拍共三拍。1、2 的时长为四分音符的一半，即为八分音符长，3、4 的时长为八分音符的一半，即为十六分音符长，5 的时长为四分音符的一半，即为八分音符长，6 的时长为四分音符长。那么一拍到底该唱多长呢？一般说来，如果乐曲没有特殊说明，一拍的时长大约为 400—500ms。我们以一拍的时长为 400ms 为例，则当以四分音符为节拍时，四分音符的时长就为 400ms，八分音符的时长就为 200ms，十六分音符的时长就为 100ms。

可见，在单片机上控制一个音符唱多长可采用循环延时的方法来实现。首先，我们确定一个基本时长的延时程序，比如说以十六分音符的时长为基本延时时间，那么，对于一个音符，如果它为十六分音符，则只需调用一次延时程序，如果它为八分音符，则只需调用二次延时程序，如果它为四分音符，则只需调用四次延时程序，依次类推。

通过上面关于一个音符音调和节拍的确定方法，我们就可以在单片机上实现演奏音乐了。具体的实现方法为：将乐谱中的每个音符的音调及节拍变换成相应的音调参数和节拍参数，将他们做成数据表格，存放在存储器中，通过程序取出一个音符的相关参数，播放该音符，该音符唱完后，接着取出下一个音符的相关参数……，如此直到播放完毕最后一个音符，根据需要也可循环不停地播放整个乐曲。另外，对于乐曲中的休止符，一般将其音调参数设为 FFH，FFH，其节拍参数与其他音符的节拍参数确定方法一致，乐曲结束用节拍参数为 00H 来表示。

下面给出部分音符（三个八度音）的频率以及以单片机晶振频率 $f_0=12\text{Mhz}$ ，定时器在工作方式 1 下的定时器高低计数器的予置初值：

C 调音符	1	1 [#]	2	2 [#]	3	4	4 [#]	5	5 [#]	6	6 [#]	7
频率 Hz	262	277	293	311	329	349	370	392	415	440	466	494
TH/TL	F88B	F8F2	F95B	F9B7	FA14	FA66	FAB9	FB03	FB4A	FB8F	FBCF	FC0B
C 调音符	1	1 [#]	2	2 [#]	3	4	4 [#]	5	5 [#]	6	6 [#]	7
频率 Hz	523	553	586	621	658	697	739	783	830	879	931	987
TH/TL	FC43	FC78	FCAB	FCDB	FD08	FD33	FD5B	FD81	FDA5	FDC7	FDE7	FE05
C 调音符	1	1 [#]	2	2 [#]	3	4	4 [#]	5	5 [#]	6	6 [#]	7
频率 Hz	1045	1106	1171	1241	1316	1393	1476	1563	1658	1755	1860	1971
TH/TL	FB21	FE3C	FE55	FE6D	FE84	FE99	FEAD	FEC0	FE02	FEE3	FEF3	FF02