
中国传媒大学 电子竞技设计报告

设计题目：数字信号处理算法设计

设计人员：张鑫怡

学号：201210113062

所在院系：信息工程学院电子信息工程

指导老师：卢起斌 杜伟韬

目录

一：设计任务与要求.....	3
1. 概要.....	3
2. 设计任务与效果.....	3
二：总体设计方案.....	4
1. 单片机软件部分.....	4
2. 电路功能及框图图.....	4
三：设计过程.....	5
1. 单片机部分数字信号的幅值输出.....	5
a.通过键盘矩阵控制输出波形.....	5
b.存储一个周期正弦波幅值表.....	5
c.每个采样时刻的幅值输出.....	5
2. DA 转换及模拟部分的处理.....	7
a. DAC 转换部分及功放部分.....	7
b. 滤波输出.....	7
c.对输出波形进行频谱分析.....	8
四：总结.....	8
存在不足.....	8
改进方案.....	9
收获.....	9
五：参考文件.....	9

一：设计任务与要求

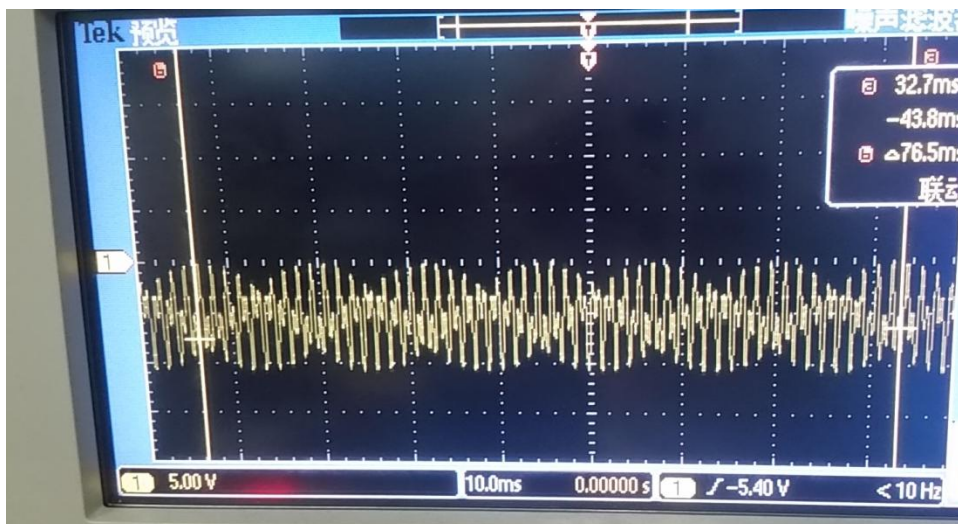
1. 概要

DTMF 是由贝尔实验室开发的信令方式，每个数字利用两个不同频率（一个高频，一个低频）突发模式的正弦编码，高低频群各包含 4 个频率，共有 16 种情况，而用于电话拨号时只用到 12 种。

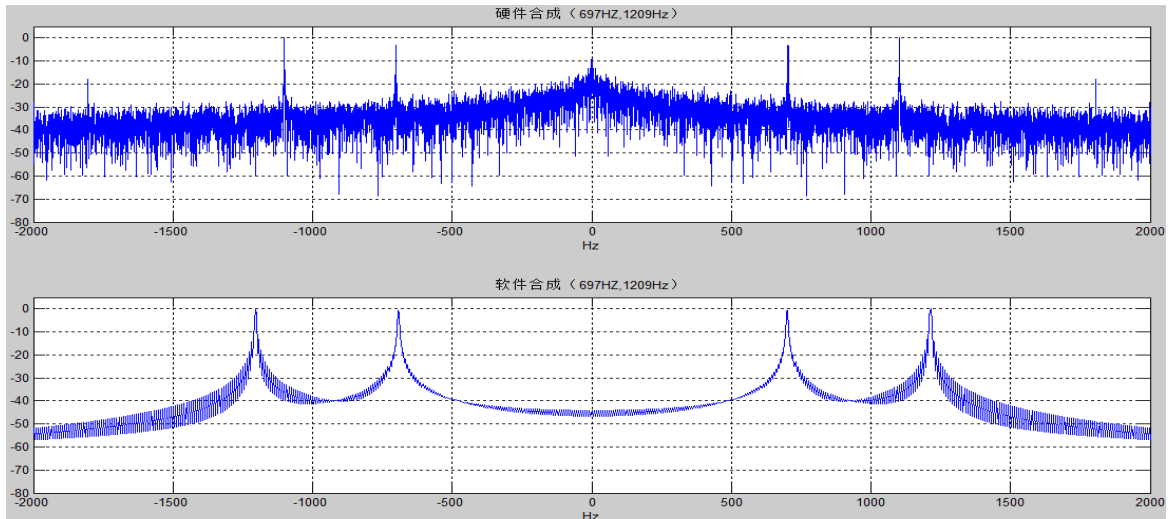
本次设计基于 STC89C52 单片机以及必要的外围辅助电路组成，通过按键输入来控制发出不同的音频信号，并将音频信号录入 matlab 进行频谱分析与标准频率的信号进行对比。本设计使用 KeilC51 利用 c 语言进行编写。

2. 设计任务与效果

在按键阵列中按下不同的按键可以发出不同频率的 DTMF 音



将每一种音录入到 matlab 进行频谱分析可清楚看到相应的谱线



二：总体设计方案

1. 单片机软件部分

单片机的幅值输出频率就相当于输出音频的采样频率，本设计中的采样周期为 56us，因此对于不同频率的信号相对采样率不同，即每种频率波形中每个周期内的采样点数和采样间隔都不同，而且随着频率增大，采样点的幅值间隔会增大。

为了提高读取速度，先提前制作一个在一个周期内存有 1024 个点的正弦波幅值表，针对对于每一种波形的频率可以计算不同的采样间隔点数即取点步长。每个采样时间到来时将两种频率的幅值相加输出，从而达到输出 DTMF 音的数字幅值的目的。

2. 电路功能及框图

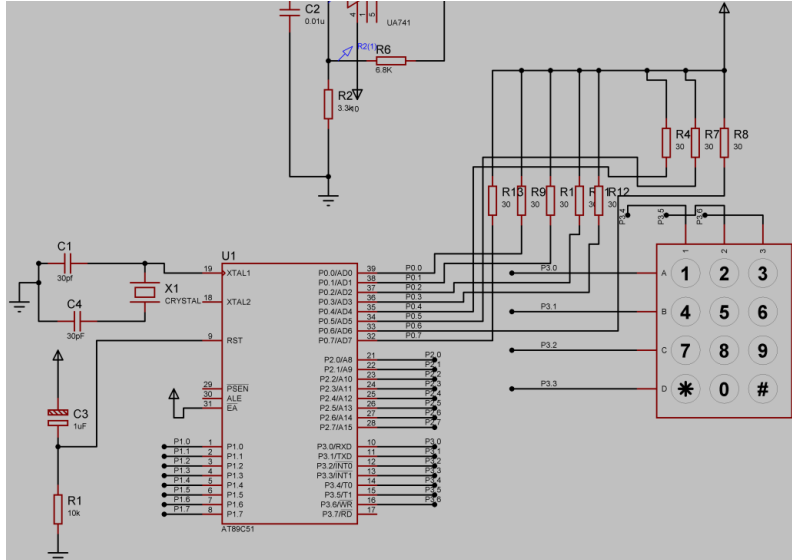
将单片机输出的八位波形幅值连接到 DA，转换为模拟信号输出，再通过功放和低通滤波器进行放大和效果处理。



三：设计过程

1. 单片机部分数字信号的幅值输出

单片机部分的电路：



a.通过键盘矩阵控制输出波形

通过查询的方法获取按键信息，再通过 switch 判断按键代表的信号，并进入该信号的的产生函数。当波形产生结束后才能允许下一个按键的输入。

b.存储一个周期正弦波幅值表

首先在进行其他计算前先制作一个包含 1024 个幅值点的正弦波幅值表。并且可以计算得到按照已定的输出方法， $17Hz < f_{out} < 8kHz$ ，而本设计目标合成的频率为 $600Hz < f_{out} < 1500Hz$ ，因此这个表可以达到要求。

c.每个采样时刻的幅值输出

接下来根据每种不同的频率来计算每个采样点在幅值表中的步长。当目标频率和采样频率

率 f_{out} ， f_c 已定时，目标波形中每个周期中的采样点数为 $N_f = \frac{f_c}{f_{out}}$ ，那么每个频率在幅

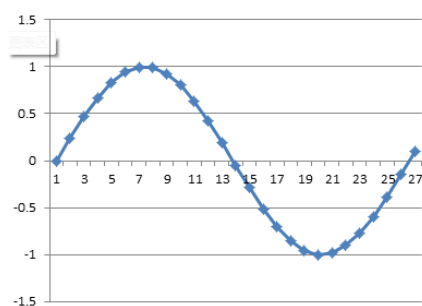
值表中的取样步长为 $M_f = \frac{1024}{N_f}$ 。根据计算，每一种频率的波形在幅值表中的取样步长

如下:

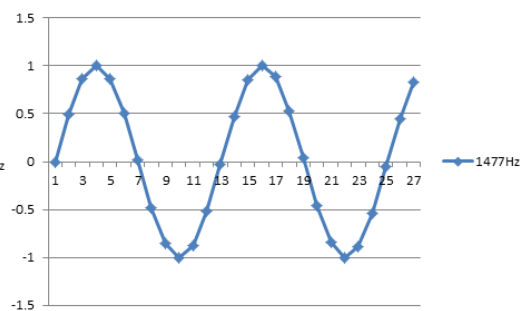
频率	697	770	852	941	1209	1336	147
	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	7Hz
M (取整)	40	45	49	54	70	77	85

那么每次单片机输出的幅值为两种频率幅值之和,一下以 697Hz 与 1477Hz 为例:

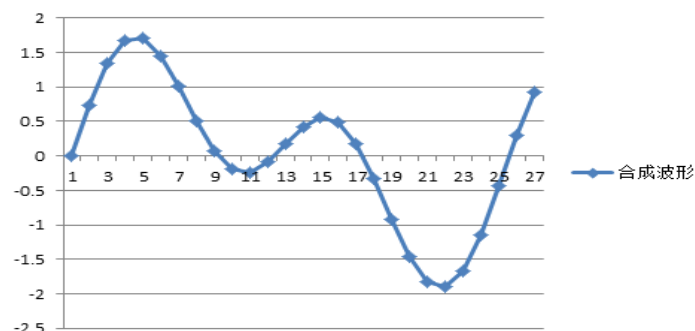
697Hz 前 27 个采样点:



1477Hz 前 27 个采样点:



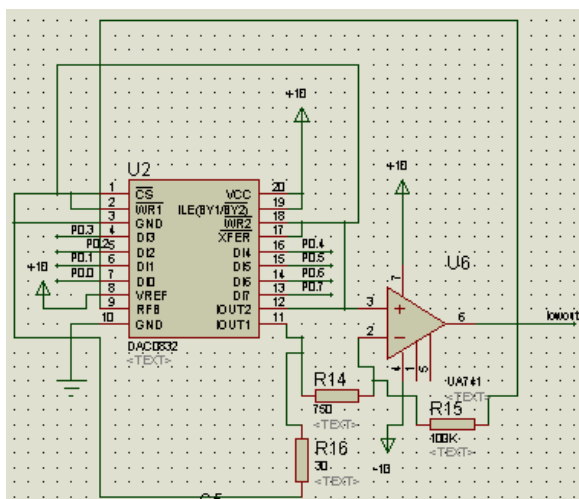
合成波前 27 个采样点:



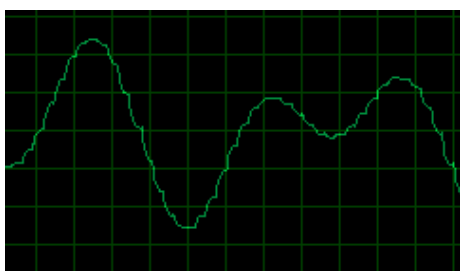
而具体的程序在实现时需要设置两个寄存器来存储上一次两个波形的输出点位置 $n1, n2$, 每个采样周期到来时, $n1, n2$ 分别加上相应的步长并在 Tab 表中提取相应幅值相加即 $Tab[n1] + Tab[n2]$, 当超过 1024 点后再用 $n1$ 或 $n2$ 减去 1024 以在表中从头进行取数, 以此循环。每次按键共设置了 18000 个采样点, 这样每个按键音会持续 $t = \frac{18000}{f_c} \approx 1s$ 。

2. DA 转换及模拟部分的处理

a. DAC 转换部分及功放部分

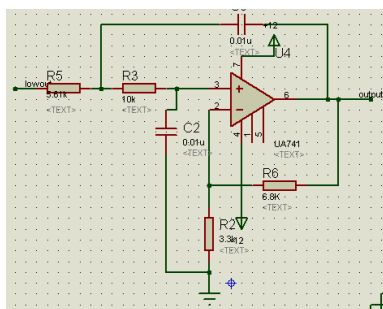


其中 $I_{out1} = \frac{V_{REF}}{15K\Omega} \times \frac{Input}{256}$ ，因此根据电路图， I_{out1} 输出端的电压峰值大致为 0.023V 左右，功放的放大倍数为 130 倍，因此功放输出后的信号峰值大致为 2.5V 左右。并且可以看到通过这两个模块输出的波形带有明显的锯齿，因此在最终的输出前必须进行滤波。

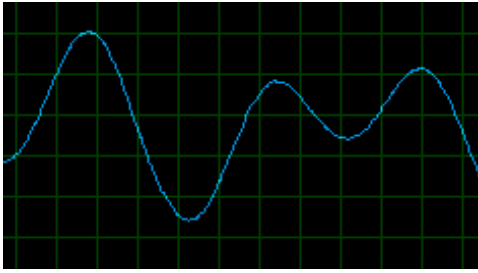


b. 滤波输出

此部分对功放出来的信号进行 $f_c = 2kHz$ 的低通滤波滤掉高频成分以使波形更加平滑。



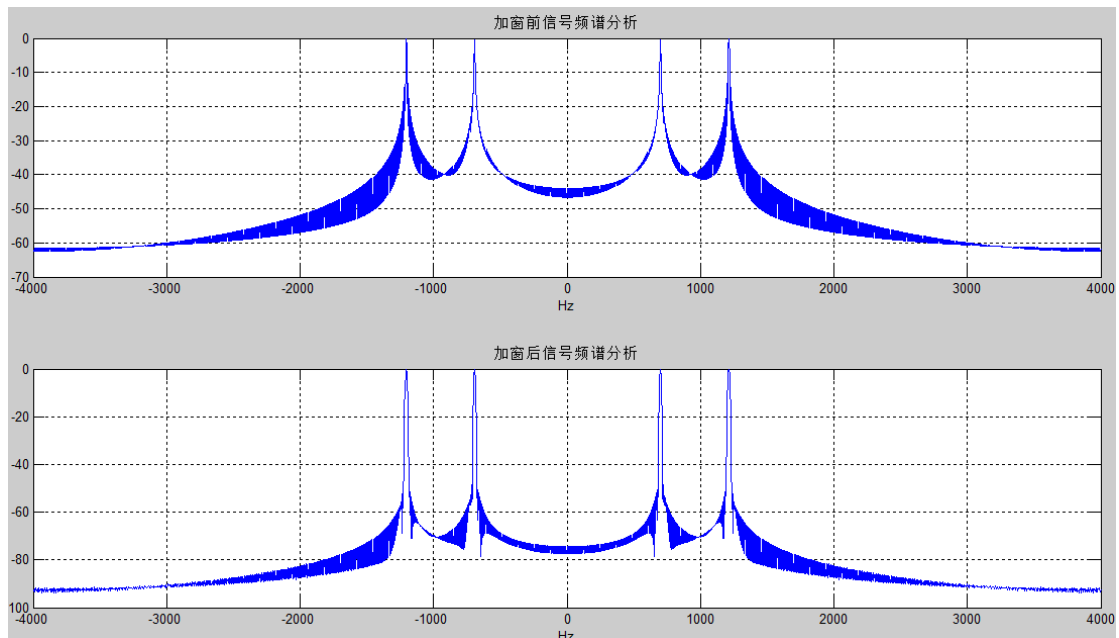
此滤波器截止频率为 $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_5 R_6 C_2 C_5}} \approx 2125Hz$ ，并且放大倍数为 2 倍，因此最终输出信号的峰值大约为 5V 左右。并且可以看到通过滤波放大后得到的波形（如下图）比较平滑。



C.对输出波形进行频谱分析

通过电脑对之前的硬件音频输出进行录制并转化为 wav 文件，再利用 matlab 对其进行频谱分析。

在进行分析之前需要先用软件合成一个标准的 DTMF 音作为参照，合成音的采样率为 8kHz，并且在这个过程中，还对合成音进行了加窗的操作，从时域的角度来减少信号的高频和杂声。对比图如下：



可以明显看到，加窗后噪声的成分更低了，这个区别在听音频时也很明显。

接着在利用 wavread 函数将之前录好的 wav 文件读入 matlab，再使用 fft 函数对其进行频谱分析以检测频率的准确性。

四：总结

存在不足

1. 整个硬件电路部不够稳定，造成最后输出信号包含较多杂音，这与布线的不合理，焊接的不精细有关，并且电路的设计过于简单和理想化，没有采取任何保护电路和稳定电路的措施。

-
2. 软件部分对采样周期的控制功能不完善，由于计算的不同而导致采样周期大，从而输出频率不准
 3. 在计算步长时只近似保留到个位，而步长的偏长偏短都会引起输出频率的误差，而且相同的步长误差对频率越高的信号来说频率误差越大。

改进方案

1. 在硬件电路中每一级放大之间应该加入隔直处理还能减少低频噪音，并且焊接的工艺有待改进。
2. 信号输出部分的处理不够细致，不方便观测。
3. 软件部分的定时不准确，可以使用中断设置更稳定采样周期（改进后的采样周期恒定定为 125us，通过实验调整）。
4. 在改进后的软件中的步长可以提高一倍的精确度，通过重复 K 次输出同一个幅值（改进后的 $K=2$ ）来使 $f_{ck} = \frac{f_c}{k}$ ，从而呈现出步长取 $\frac{1}{k}$ 的效果，因此改进后的软件部分将可以呈现出 0.5 个步长的效果，为了精益求精，我们甚至可以继续精确。

收获

这一次的电子作品设计从软件到硬件的设计都让我学会很多，尤其是硬件部分，其实我是焊过两次硬件部分，第一次的电路由于完全没考虑布线的问题会产生自激，后来不得不重焊，虽然依旧不稳定，但整个过程中我能焊接能力以及硬件设计能力有所提高，不再局限于书本上的知识，更懂得与实际结合。并且自己查阅资料的能力有所进步，能够更好地查看芯片的使用以及一些相关的技术。谢谢各位老师以及师姐的耐心指导，让我的能力得到提升。

五：参考文件

1. DAC0832 技术手册（中文）<http://www.doc88.com/p-663134284082.html>
2. 《新概念 51 单片机 C 语言教程 入门、提高、开发、拓展全攻略》，郭天祥，电子工业出版社