

# 作品 1 南通职业大学

作者：胡绮绣 费子炫 苏玉城

## 摘要

为设计一个辨音识键演奏系统，计划制作一种基于单片机的识别控制器。该设计能够将敲打玻璃杯杯的声音通过柱状极话筒将信号传输到波形放大及整形电路，再将信号输出到单片机中，单片机获取放大信号后分析不同频率分辨出不同的水杯，单片机将对应水杯杯号显示在数码管上且运用 PWM 输出给扬声器使其奏乐。该识别控制器主要硬件部分为电源模块（5V）、声音传感器（MIC）、信号调理模块、单片机模块、显示模块、扬声器。主控芯片为 STC8H8K64U，信号调理模块运用到功率低的 LM393 比较器收听敲打玻璃杯杯的声音，通过开发板将 C 语言程序烧录到单片机中。

**关键词：**波形放大 信号调理 分析频率

# 一、系统设计方案

## 1.1 总体设计方案

本次题目主要任务在于让单片机识别分辨声音信号。计划首先需要设计声音信号放大电路，通过柱状极话筒收集敲打玻璃杯的声音，再由波形放大电路传输到示波器上，观察示波器的波形大小不同，可以实现辨音。其次再设计单片机系统模块，烧写数据代码让单片机判断不同的声音信号，不同的信号产生不同的引脚高低电平使触摸屏上显示相应的玻璃杯杯号，再根据玻璃杯的杯号产生声音信号给扬声器运用PWM输出演奏音乐。

## 1.2 系统结构及工作原理

系统结构由MIC将音频输出到放大波形及整形电路经过放大给STC8H8K64U单片机，单片机处理接收到的信号进行分析分辨保存，再将音频显示在触摸屏上，由键盘进行学习及设置杯号，最后单片机根据音频不同发出不同的音频信号给扬声器进行奏乐。

主体流程框架如图1所示。

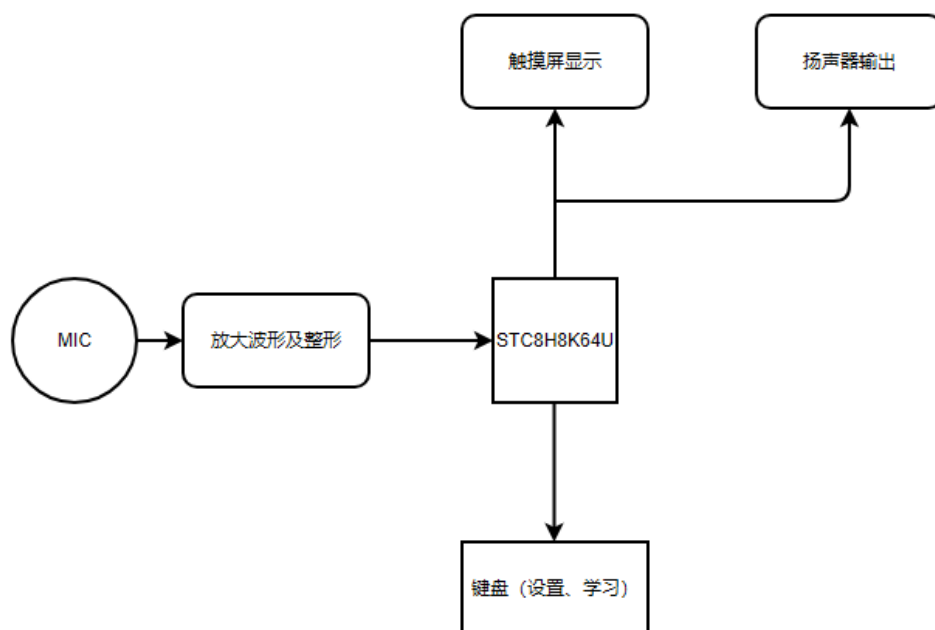


图 1 主体流程框架

## 二、核心部件电路设计

### 2.1 关键器件性能分析

#### 2.1.1 STC8H8K64U 主控芯片介绍

STC8H 系列单片机是不需要外部晶振和外部复位的单片机，是以超强抗干扰/超低价/高速/低功耗为目标的 8051 单片机，在相同的工作频率下，STC8H 系列单片机比传统的 8051 约快 12 倍（速度快 11.2~13.2 倍），依次按顺序执行完全部的 111 条指令，STC8H 系列单片机仅需 147 个时钟，而传统 8051 则需要 1944 个时钟。STC8H 系列单片机是 STC 生产的单时钟/机器周期(1T)的单片机，是宽电压/高速/高可靠/低功耗/强抗静电/较强抗干扰的新一代 8051 单片机，超级加密。指令代码完全兼容传统 8051。MCU 内部集成高精度 R/C 时钟( $\pm 0.3\%$ ，常温下 $+25^{\circ}\text{C}$ )， $-1.38\%\sim +1.42\%$ 温飘( $-40^{\circ}\text{C}\sim +85^{\circ}\text{C}$ )， $-0.88\%\sim +1.05\%$ 温飘( $-20^{\circ}\text{C}\sim +65^{\circ}\text{C}$ )。ISP 编程时 4MHz~35MHz 宽范围可设置（注意：温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim +85^{\circ}\text{C}$ 时，最高频率须控制在 35MHz 以下），可彻底省掉外部昂贵的晶振和外部复位电路（内部已集成高可靠复位电路，ISP 编程时 4 级复位门槛电压可选）。MCU 内部有 3 个可选时钟源：内部高精度 IRC 时钟（可适当调高或调低）、内部 32KHz 的低速 IRC、外部 4M~33M 晶振或外部时钟信号。用户代码中可自由选择时钟源，时钟源选定后可再经过 8-bit 的分频器分频后再将时钟信号提供给 CPU 和各个外设（如定时器、串口、SPI 等）。MCU 提供两种低功耗模式：IDLE 模式和 STOP 模式。IDLE 模式下，MCU 停止给 CPU 提供时钟，CPU 无时钟，CPU 停止执行指令，但所有的外设仍处于工作状态，此时功耗约为 1.3mA（6MHz 工作频率）。STOP 模式即为主时钟停振模式，即传统的掉电模式/停电模式/停机模式，此时 CPU 和全部外设都停止工作，功耗可降低到 0.6uA@Vcc=5.0V，0.4uA@Vcc=3.3V。掉电模式可以使用 INT0(P3.2)、INT1(P3.3)、INT2(P3.6)、INT3(P3.7)、INT4(P3.0)、T0(P3.4)、T1(P3.5)、T2(P1.2)、T3(P0.4)、T4(P0.6)、RXD(P3.0/P3.6/P1.6/P4.3)、RXD2(P1.0/P4.6)、RXD3(P0.0/P5.0)、RXD4(P0.2/P5.2)、I2C\_SDA(P1.4/P2.4/P3.3)以及比较器中断、低压检测中断、掉电唤醒定时器唤醒。MCU 提供了丰富的数字外设（串口、定时器、高级 PWM 以及 I2C、SPI、USB）接口与模拟外设（超高速 ADC、比较器），可满足广大用户的设计需求。STC8H 系列单片机内部集成了增强型的双数据指针。通过程序控制，可实现数据指针自动递增或递减功能以及两组数据指针的自动切换功能。

#### 2.1.2 LM393 介绍

LM393 是电压比较器，由两个独立、精确的电压比较器组成，是高增益，宽频带器件可以在单电源下或双电源下工作，电流大小不受电源电压幅度大小影响，LM393 有个独特的性能，就是即使在单电源下工作时，其输入共模电压范围也能达到零电平。采用 SOP-8 的封装形式，它的工作电源电压范围宽，单电源：2.0V~36V；双电源： $\pm 1.0\text{V}\sim \pm 18\text{V}$ ，输出负载电阻能衔接在可允许电源电压范围内的任何电源电压上，

不受  $V_{CC}$  端电压值的限制，输出部分的饱和电流被可能得到的驱动和器件的  $\beta$  值所限制。当达到极限电流 (16mA) 时，输出晶体管将退出而且输出电压将很快上升。输出饱和电压被输出晶体管大 60ohm 的  $r_{SAT}$  限制。当负载电流很小时输出晶体管的低失调电压 (约 1.0mV) 允许输出箱位在零电平。如图 2 为 LM393 内部结构，图 3 经典电路。

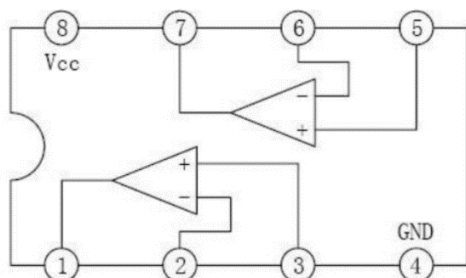


图 2 LM393 内部结构

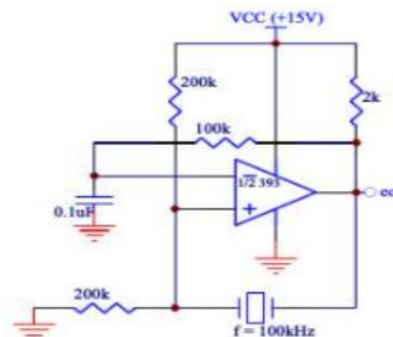


图 3 经典电路

### 2.1.3 OP07 运算放大器介绍

OP07 是一款低失调电压的运算放大器，它采用晶圆级的修调来消除失调，同时还可以通过外部电路进一步减小失调电压。同时具有极低的偏置电流（只有 4nA）以及很高的开环增益（最小 200V/mV，106dB）。这些特点使得 OP07 适合用作高增益的仪表放大器。芯片具有  $\pm 13V$  的宽输入电压范围，106dB 的共模抑制比 (CMRR) 以及高输入阻抗等特性，使得放大器在放大信号时具有很高的精度。即使在高闭环增益时，也能保证出色的线性度和精度，失调和增益的时间稳定性以及随温度的变化率 等参数十分优秀。采用了外部失调消除后，OP07 的精度和稳定度使得 OP07 成为仪表应用的工业标准。

## 2.2 核心电路设计

### 2.2.1 电源电路

因为电路中的单片机、触摸屏和扬声器都是 5V 供电，所以我们选择使用 XL1509-5.0 芯片，输入电压可以从 9V 到 36V 工作原理：D2 使用普通二极管 M7，它就是直插元件 IN4007 的贴片版本。它的作用是防止电源反接，当你一不小心把电源正负接反了，也不会烧坏电路板。C1 和 C3 的作用是电源滤波，就是去除输入电源噪声的。C1 不一定必须使用 220uF，使用 100uF 或者 470uF 都是可以的。C3 使用 10nF 或者 100nF 都可以。关键是 C1 和 C3 的耐压值必须要大于给电路板供电的电源电压。L1 使用 68uH 的电感。作用是滤除电源 5V 输出的噪声。D1 是肖特基二极管 B5817W，在这里的作用是续流。因为 DC-DC 芯片是开关电源原理，二极管是在芯片中的 MOS 管关断的时候起一个续流作用，电流从二极管流过，再从电感输出。具体电路如图 4 所示。

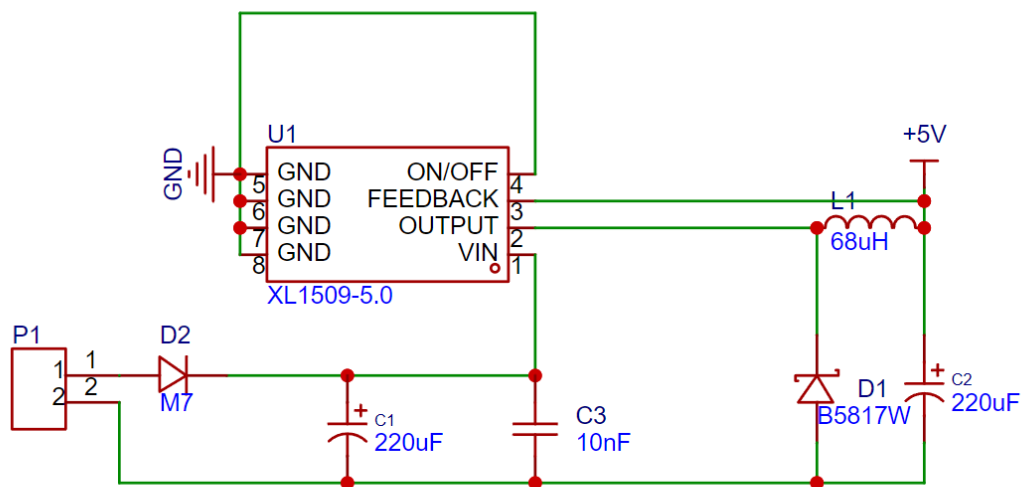


图 4 电源电路

### 2.1.2 波形放大及整形电路

电路设计包括两个部分，由两个运放组成的音频放大电路+电压比较器电路。放大电路的电压放大倍数为 50，通过调节可调电阻 W2 可以改变参考电压的大小。电路主要功能是用柱极话筒传输信号经过放大滤波比较电路输出到单片机。具体电路如图 5 所示。

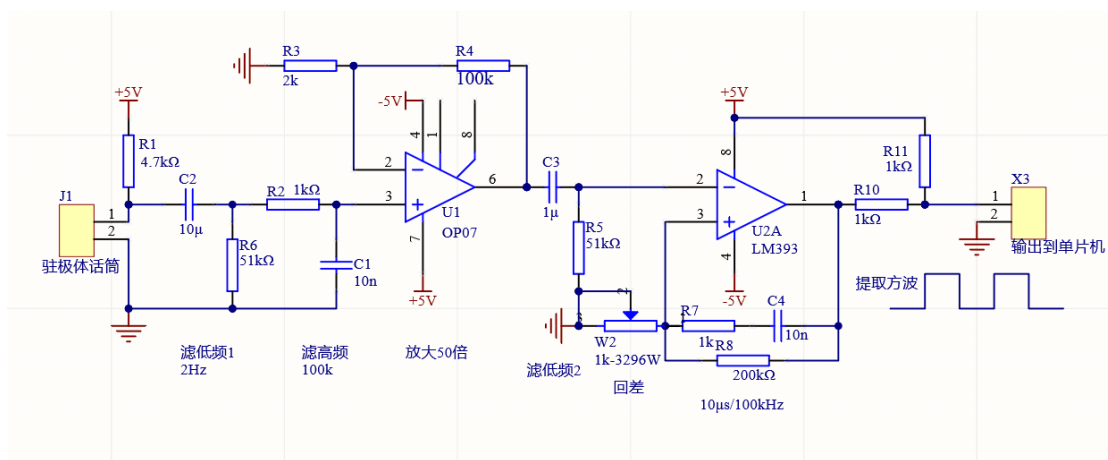


图 5 音频放大电路

2. 1. 3 STC8H8K64U 最小系统

该电路主要是由STC8H8K64U 单片机组成,单片机识别辨别电路传输中的不同频率信号,产生对应的操作。具体电路如图 6 所示。单片机引脚对应功能描述如表 1 所示。

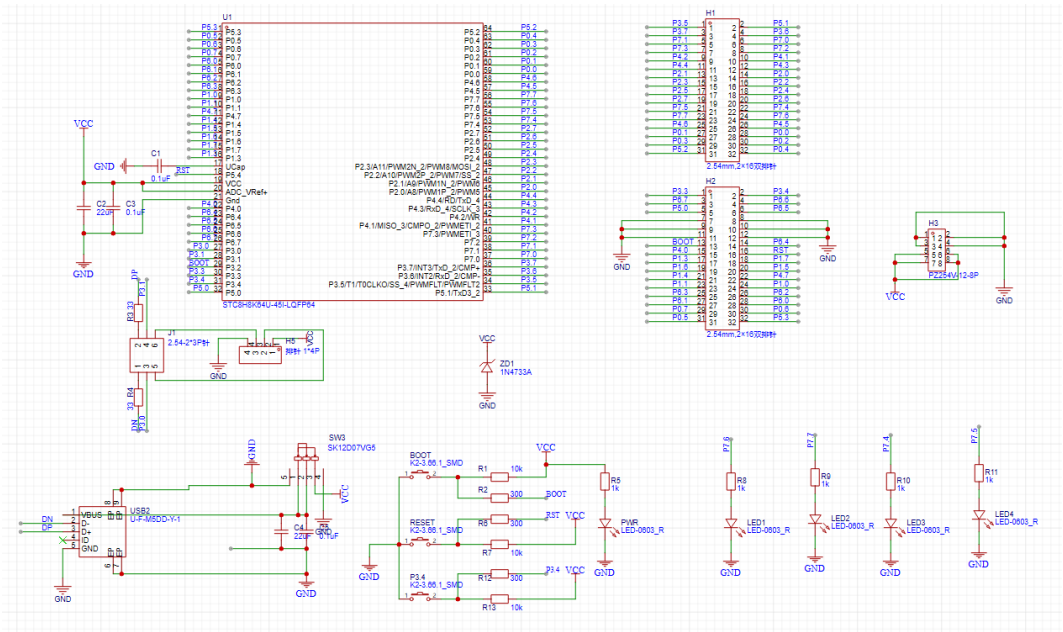


图 6 主控电路原理图

引脚	功能描述
P1.0	辨音结果显示
P1.1	学习存储数据 1
P1.2	学习存储数据 2
P1.3	学习存储数据 3
P1.4	学习存储数据 4
P1.5	学习存储数据 5
P1.6	临时学习数据 1
P1.7	临时学习数据 2
P2.0	临时学习数据 3
P2.1	识音/调试按键
P2.2	+按键
P2.3	确定按键
P7.0	接地

表 1 单片机引脚与对应功能描述

2.1.4 按键模块

按键是由触摸屏形式的按键，主要功能有识音模式、调试模式，调试模式会采集敲打玻璃杯发出的频率通过按键确认该玻璃杯的频率保存该玻璃杯杯号，设置下一个杯号。按键电路图如图 7 所示。

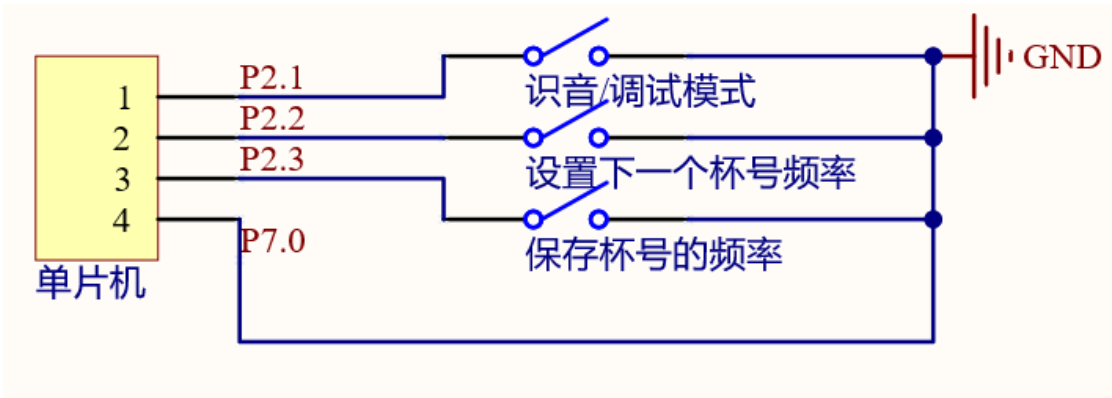


图 7 按键电路

2.1.5 触摸屏显示

在进行学习模式时，敲打玻璃杯会将采集到的频率显示到学习临时数据区，按下确认，会将采集到的数据进行平均然后显示在学习存储数据区，将每个玻璃杯发出的音频信号都采集存储成功后，可开始进行控制模式，敲击玻璃杯，单片机处理音频信息进行比对，最终在辨音结果显示上显示杯号。如图 8 所示。

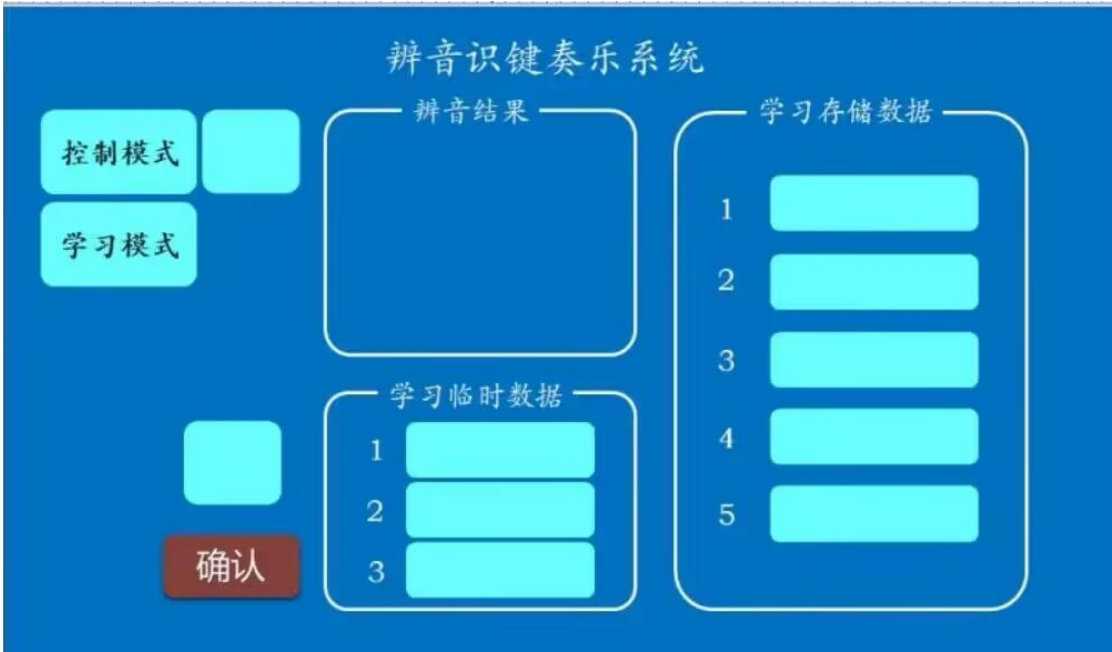


图 8 触摸屏显示图

### 2.1.6 发声电路

该电路的设计由单片机以 PWM 输出方式将信号发出，经过 1K 电阻到三极管输出到扬声器进行奏乐电路如图 9 所示。

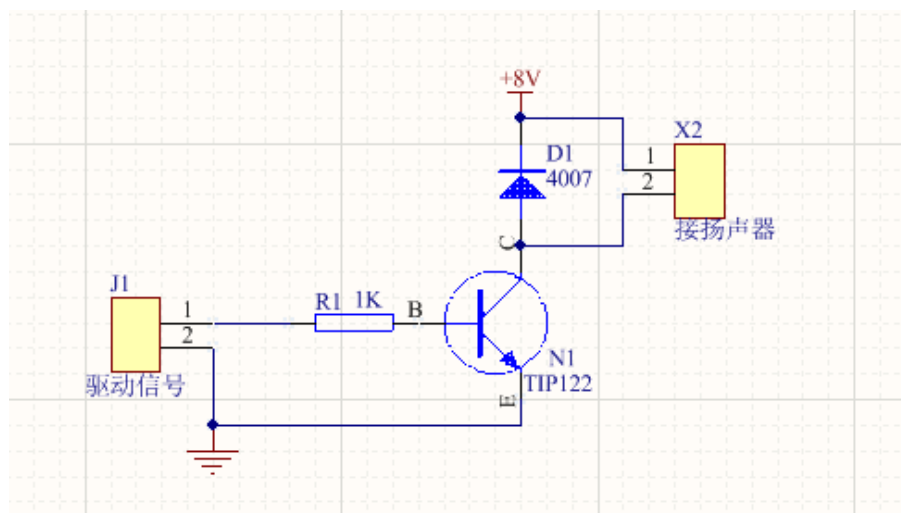


图 9 发声电路

## 2.3 电路实现调试测试

按照电路图检查安装的线路，根据电路连线，按照一定的顺序逐一检查安装好的线路，一切按照原理图进行，用万用表欧姆档的蜂鸣器测试，直接测量元器件引脚，可以同时发现接线不良的地方，先做开路，短路的测试，保证上电后不会出现短路现象，可以采用波形观察法，根据测试得到的波形形状、幅度参数、时间参数与正常波形参数的差异；在静态调试中，一般是指在不加输入信号，或只加固定的电平信号的条件下进行直流调试。

## 2.4 关键电路驱动接口

### 2.4.1 PWM 控制

PWM 的全称是脉冲宽度调制，是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种技术，通过改变矩形波的占空比来获得不同的平均电压，占空比是指高电平持续时间在一个矩形波周期时间内的百分比，因此来控制此电路发声模块，在实际的应用中，使用 STC8H8K64U 单片机来实现 PWM，要具有硬件的 PWM 模块，可以通过配置相关的特殊功能寄存器来实现 PWM，也要通过软件算法来实现 PWM。



### 三、系统软件设计分析

系统软件部分主要包括：(1)系统初始化模块，主要完成系统的硬件使能、时钟设置和引脚选择等功能；(2)A/D 采样模块，此模块包括 A/D 初始化子程序、定时器初始化子程序和 A/D 采样子程序；(3)时延估计模块，完成四路 A/D 后信号的相对时延差估计；(4)声源角度位置模块，该模块根据时延估计模块的结果估计出声源到阵列中心的距离以及声源的到达方向角。软件实现流程图如图 10 所示，A/D 初始化子程序流程图如图 11 所示，A/D 初始化子程序流程图如图 12 所示。

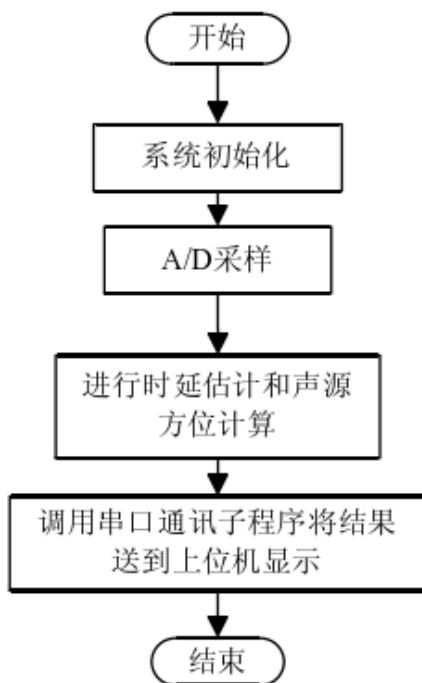


图 10 软件实现流程图

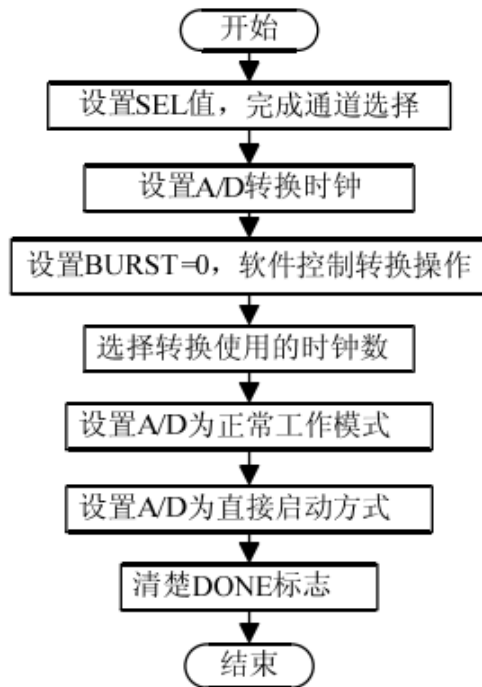


图 11 A/D 初始化子程序流程图

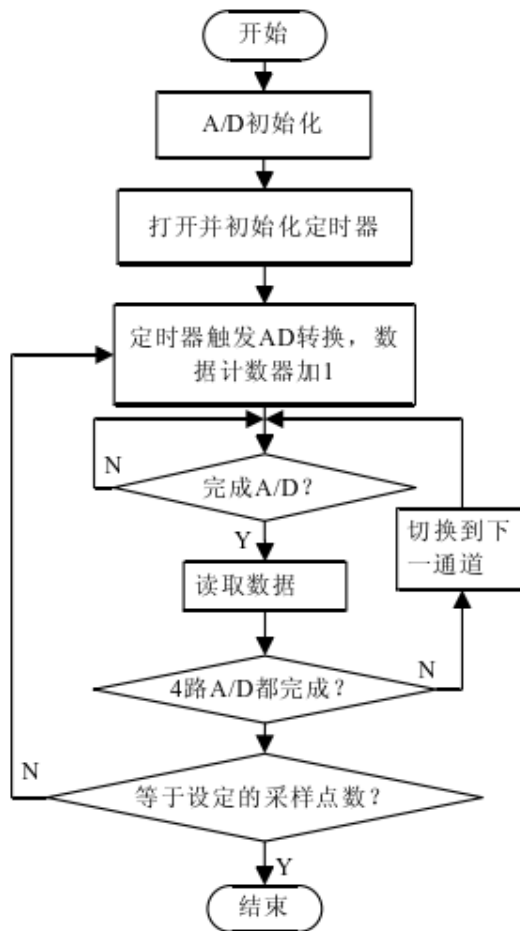


图 12 A/D 初始化子程序流程图

## 四、竞赛工作环境条件

### 4.1 设计分析软件环境

嘉立创 EDA, Visual Studio C++, AltiumDesigner20.0 等软件。

### 4.2 硬件平台

数字万用表、24V 电源稳压电源、数字示波器等设备。

### 4.3 配套加工安装条件

电烙铁、热风枪、钻孔工具，螺丝刀等工具。

五、作品成效总结分析

5.1 测试方案及测试结果

主要测试识音模块，测试方法：敲打三个装有不同毫升水的玻璃杯，发出的声音由MIC 经过音频放大电路显示到示波器上，每个玻璃杯产生的音频不同，每个波形图的波形不同，测得不同大小波形，判断出不同的玻璃杯。

实验如下：  
实验（1）将三个标有不同杯号的空玻璃杯放置在不同位置，逐一敲打每个玻璃杯测得的每个杯子的频率如表 1 所示

杯号	1	2	3
平均频率	1233Hz	1220Hz	1210Hz

表 2 三个空玻璃杯频率表

每个玻璃杯发出的频率不同，任务 1 要求可实现。  
实验（2）将三个玻璃杯带有 1，2，3 杯号的玻璃杯各加入 70ml，140ml，240ml 的水，再逐一敲打玻璃杯测得每个被子的频率如表 2 所示。

杯号	1	2	3
平均频率	1240	1340	1670

表 3 三个装有水的杯子频率表

不同水杯测得的频率差较大，单片机识别很出色。  
实验（3）使用示波器观察水杯为空杯时和 220 毫升水时的波形图。空杯时周期为：  
3.2 格✕ 200us 如图 13 所示。水杯中有 220 毫升时周期：1.6✕ 200us，如图 14 所示。

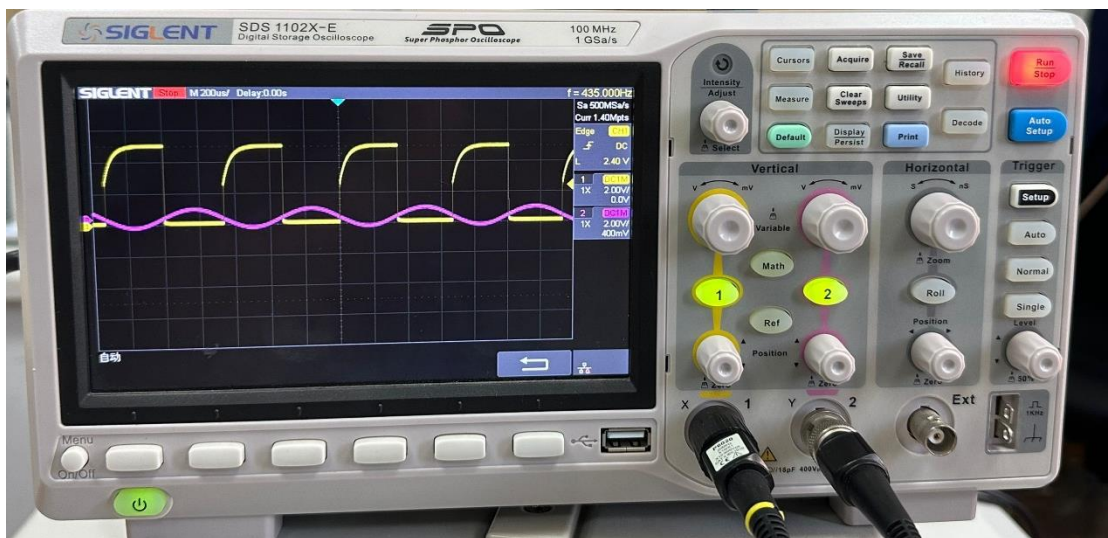


图 13 空水杯波形图

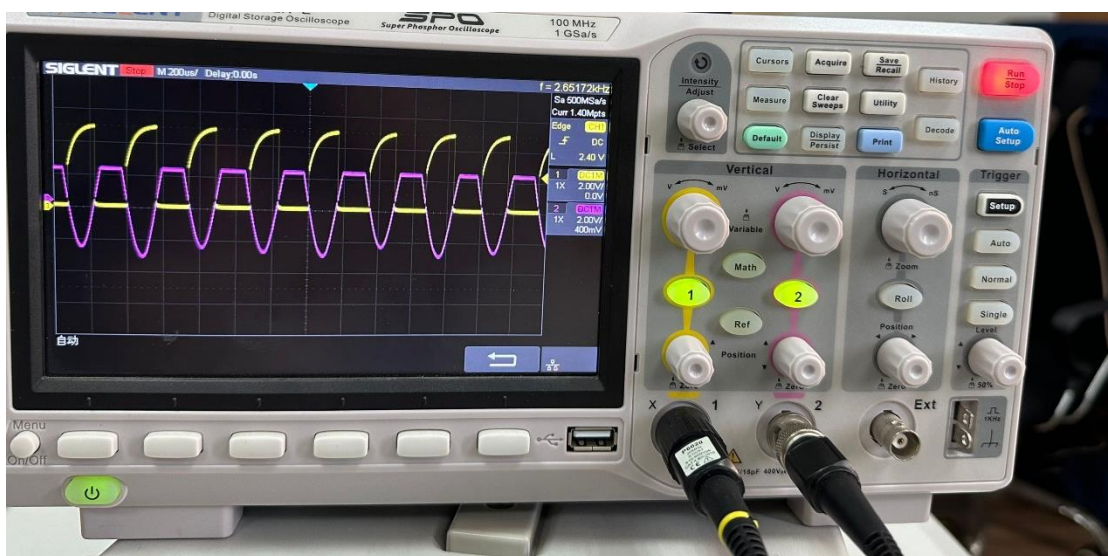


图 14 220ml 水杯波形图

注：敲打水杯的音调变化影响参考莫滨的实验研究报告。

## 六、参考资料及文献

莫 滨——敲击水杯音调变化的实验研究 安徽师范大学