

# 基于 STM32 的人声监测录音屏蔽系统的设计

曹 胜, 王晟超, 陈子涵, 王树红, 高红霞

(太原学院 智能与信息工程系, 山西 太原 030032)

**摘要:**在当前电子信息技术快速发展的背景下,语音信号录制设备的隐蔽性和性能不断提高,公共场合信息泄露等问题不断凸显。针对该问题设计了一种基于 STM32 微控制器的人声监测录音屏蔽系统。系统采用信号采集、信号处理、特征提取、信号类型识别及输出控制等方法实现对人声信号及音乐信号的识别及屏蔽控制。具体通过麦克风实现信号采集,随后采用快速傅里叶变换与频谱熵算法在 STM32 中实现人声识别,当判断到人声后驱动超声波干扰模块工作,当判断到音乐信号后不工作。结果表明,系统在实验场景中识别速度 1 s 以内,识别准确率 90% 以上,能够有效保护人声语音隐私。

**关键词:**STM32G431; 语音隐私保护; 频谱熵算法; 录音干扰; 超声波屏蔽; 实时检测

中图分类号: TP23

文章编号: 1000-0682(2026)01-0009-05

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2026.01.002

## Design of a vocal monitoring and recording shielding system based on STM32

CAO Sheng, WANG Shengchao, CHEN Zihan, WANG Shuhong, GAO Hongxia

(Taiyuan University Department of Intelligence and Information Engineering, Shanxi Taiyuan 030032, China)

**Abstract:** In the context of rapid development of electronic information technology, the concealment and performance of voice signal recording equipment continue to improve, and problems such as information leakage in public places are becoming increasingly prominent. A voice monitoring and recording shielding system based on STM32 microcontroller has been designed to address this issue. The system adopts methods such as signal acquisition, signal processing, feature extraction, signal type recognition, and output control to achieve recognition and shielding control of human voice signals. Specifically, signal acquisition is achieved through a microphone, and then fast Fourier transform and spectral entropy algorithm are used to achieve voice recognition in STM32. When voice is detected, the ultrasonic interference module is driven to work. The results show that the system has a recognition speed of less than 1 second and a recognition accuracy of over 90% in the experimental scenario, which can effectively protect speech privacy.

**Keywords:** STM32G431; voice privacy protection; spectral entropy algorithm; recording interference; ultrasonic shielding; real-time detection

收稿日期: 2025-07-03

基金项目: 山西省高校科技创新计划项目(2022L577); 2023 年山西省高等学校一般性教学改革创新立项项目(J20231426); 2024 年山西省高等学校一般性教学改革创新立项项目(J20241477); 太原学院 2023 年院级认定一流课程(单片机原理与应用); 太原学院 2024 年院级科研项目青年项目(24TYQN04)

第一作者: 曹胜(1997—), 男, 汉族, 山西太原人, 研究生, 讲师, 研究方向为嵌入式设计开发、硬件电路设计。

## 0 引言

随着智能手机、语音录制装置等设备的快速发展,语音信号录制变得日益频繁,由此带来的信息泄露问题日益凸显<sup>[1-2]</sup>。例如在办公场合、司法现场等对隐私要求比较高的场景中,敏感信息要求尽可能的受到保护以免导致隐私泄露及进一步的经济损失<sup>[3]</sup>。传统的语音隔离手段包括设置隔音空间,或者使用高强度信号屏蔽仪器等手段虽然能够实现对

语音信号的屏蔽,但是存在使用成本高、搭建难、场景单一等局限。

近年来兴起的超声波干扰技术为语音隐私保护提供了一种新的思路<sup>[4]</sup>,该方法通过发射特定频率的高频超声波干扰录音设备的正常工作,在不影响人声正常交流的前提下,有效削弱了录音器录制声音信号的可能性,具有安全性高,有效性强等有点。因此该文设计并实现了一种基于 STM32 控制器的人声监测录音屏蔽系统,可以有效分别人声和音乐声音,并实现人声录音屏蔽功能。该系统集成了声音采集、音频信号特征提取、人声识别与超声波驱动等模块,能够在实时监测声源的情况下,对人声进行判断分析,当检测到人声时驱动超声波模块进行录音屏蔽,有效阻止非法录音。

### 1 系统总体方案与工作原理

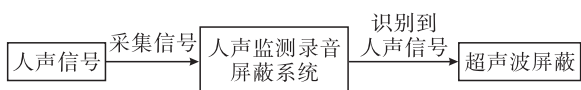


图 1 人声监测录音屏蔽系统工作流程示意图

该系统旨在采集声音信号,通过系统控制板实现人声和音乐信号的识别,实现对人声录音行为的实时监测和干扰屏蔽。工作过程如图 1 所示,当有人声信号通过采集模块进入到人声监测录音屏蔽系统后进行识别,当识别到有人声信号后开启超声波屏蔽,从而实现对人声录音行为的抑制。

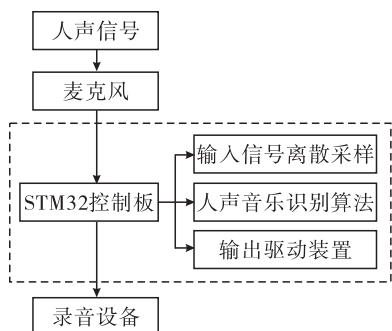


图 2 人声监测录音屏蔽系统结构示意图

如图 2 所示,该系统采用模块化设计,主要包括信号采集模块、STM32 微控制器核心板、超声波驱动装置等三部分组成。首先,在音频信号采集模块中,系统通过麦克风采集周围环境的声波信号。然后利用 STM32 控制板芯片内的的 ADC(Analog - to - Digital Converter) 采样模块对模拟信号进行实时采样,结果转化为数字信号存入数组中,为后续信号识别提供数据<sup>[6]</sup>。随后进入软件数据处理,该程序模块主要包括幅值检测、快速傅里叶变换分析频谱信

息,频谱分析与能量集中度判定等多个算法过程。通过提取音频相关特征参数<sup>[7]</sup>,该系统能够实时监测当前信号是否为人声信号。最后,当系统识别分析得到人声信号后控制输出驱动装置实现超声波输出。

### 2 硬件系统设计

该系统的硬件设计方案主要包括麦克风音频采集模块、STM32 核心控制板、PWM(Pulse Width Modulation) 信号生成及超声波干扰执行模块。各个模块协同工作实现一个具备人声识别、人声录音屏蔽的装置。

#### 2.1 音频采集模块

音频采集模块采用基于 LM386 的驻极体麦克风声音传感器模块,将环境中的声音信号转换为电压信号输出。LM386 是一款音频集成功率放大器,具备低功耗、可调增益等优点<sup>[8]</sup>。模块原理图如图 3 所示。

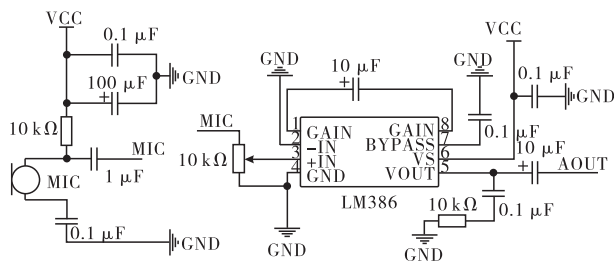


图 3 系统装置音频采集模块原理图

#### 2.2 微控制器模块

控制板选取了 STM32G431RBT6 微控制器,该芯片基于 ARM Cortex - M4 内核,适合对音频信号处理。将音频采集的结果输入到 STM32 的 ADC 采样通道,通过控制板内的 12 位高速 ADC,将采集的信号存储,为后续频谱分析和信号声音类型判别做准备。模块原理图如图 4 所示。

#### 2.3 超声波干扰信号发生模块

在超声波干扰模块,人声监测录音屏蔽系统设计了独立的驱动装置。该模块主要由 PWM 信号生成模块和超声波驱动模块构成。PWM 信号驱动超声波实现屏蔽信号输出。PWM 信号由单独的一路 STC89C51 微控制器实现,利用内部精确延时实现对 PWM 信号输出频率与占空比的控制,从而调节超声波的频率与强度。在超声波驱动模块部分,首先连接使用继电器实现上电、断电的功能。当控制板检测到人声后上电,当没有检测到人声时断开,超声波驱动模块停止工作。模块原理图如图 5 和图 6 所示。

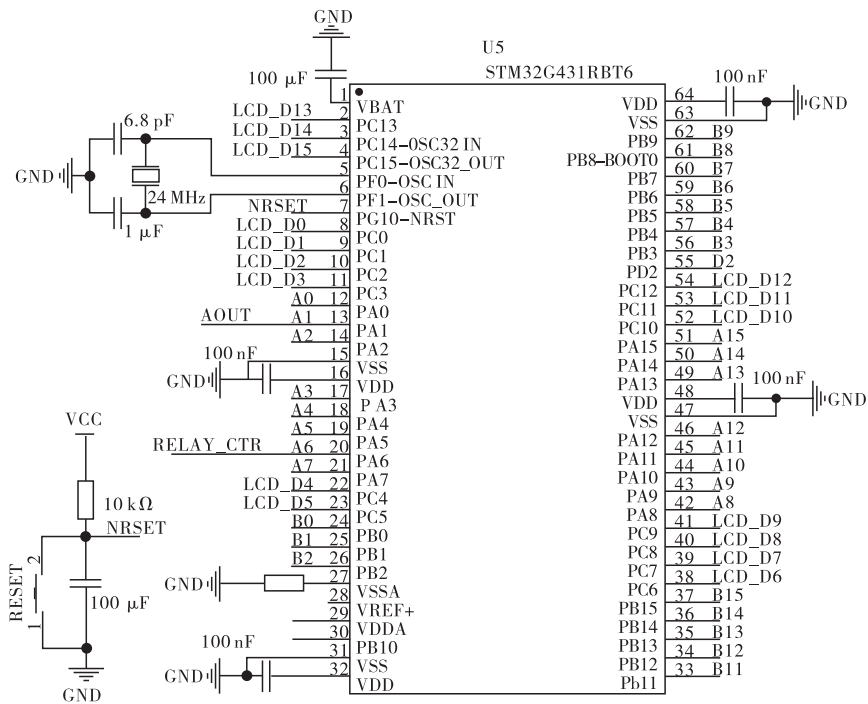


图4 系统装置微控制器模块原理图

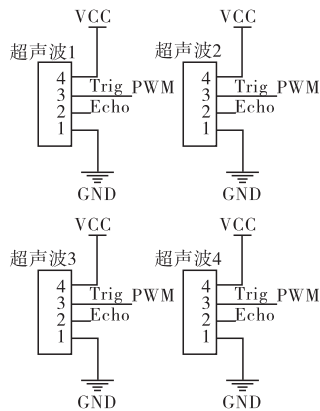


图5 系统装置超声波驱动模块原理图

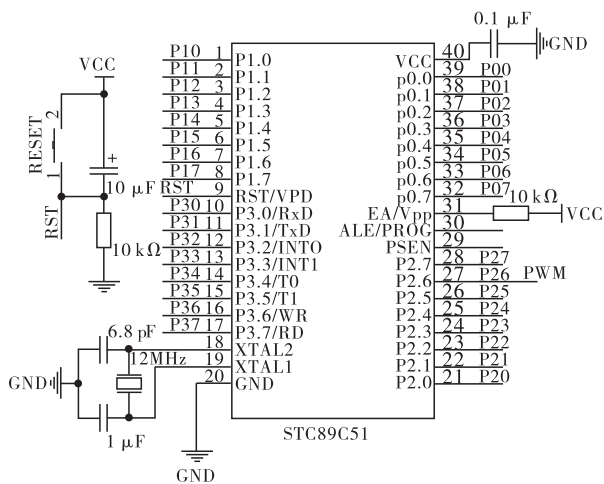


图6 系统装置 PWM 信号生成模块原理图

以上就是人声监测录音屏蔽系统的整体硬件结

构设计,各模块分别实现信号的采集、处理和输出驱动这三个部分。能够有效、快速监测人声信号并执行相应的功能。

### 3 软件系统设计

#### 3.1 系统整体软件流程

系统开启后进入初始化阶段,读取当前按键最新状态并更新LCD(Liquid Crystal Display)交互显示界面。通过音频采集模块得到麦克风输入信号,该信号进入到STM32后进行AD采样得到原始信号数组数据。对该数据进行分析,得到平均值用于对初始信号预处理得到交流信号。接着对交流信号执行FFT(Fast Fourier Transform)傅里叶变化分析得到频域信息。调用信号识别函数分析有无声音及人声、音乐声的区别。最后将判断结果通过继电器输出到超声波驱动模块,从而实现整个系统的功能。具体的执行流程图如图7所示。

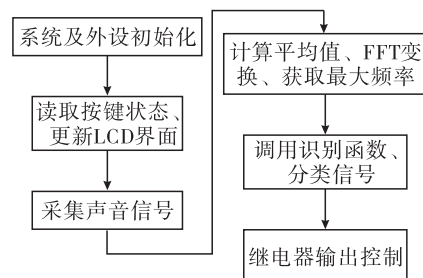


图7 人声监测录音屏蔽系统软件流程图

### 3.2 频谱特征识别

调用的信号识别函数主要用于判断有无声音,分析人声还是音乐声音。采集到的原始信号需要先进行均值处理,该过程主要是解决直流偏移的问题,提高信号稳定性和信号特征。随后,系统对数据进行归一化处理,该过程主要是将数据缩放到统一的范围内,将该结果存储到新数组中用于频域分析。

系统采用快速傅里叶变换实现时域到频域的转换,计算每个频点的复数幅值<sup>[9]</sup>,通过计算每个频点的功率谱以及整体 RMS (Root Mean Square) 值可以判断当前是否存在有效声音。当 RMS 结果小于设定阈值时,系统认为当前处于静音状态,没有声音,不执行任何操作。当 RMS 结果大于设定阈值时,表明此时有声音,那么进入到判别阶段。

下一步基于频谱分布计算频谱集中度和频谱熵<sup>[10]</sup>。频谱熵是一种衡量频率能量分布均匀程度的统计指标,用以区分有结构性的语言信号和相对分散的音乐信号。在程序中实现的方案是,当熵值小于等于 4 时,表示当前结果能量信息集中,判别为音乐信号;当熵值大于等于 4 时,表示当前结果能量信息分散,判别为人声信号。紧接着根据频谱熵分析结果,驱动超声波执行屏蔽效果。具体的执行流程图如图 8 所示。

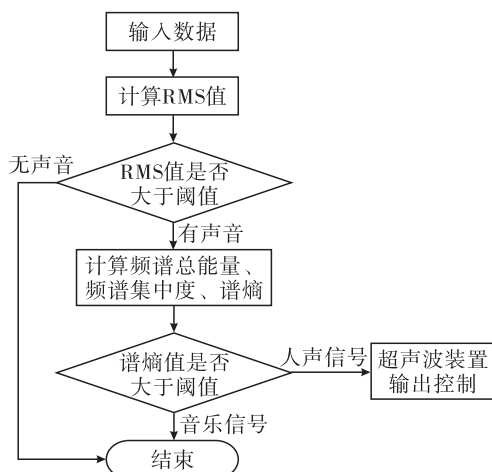


图 8 频谱特征识别流程图

整套软件流程运行在主循环与定时中断协同架构下,确保数据处理的实时性和干扰响应的迅速性。系统软件具有良好的稳定性、鲁棒性与可移植性,适用于多种场景下的人声隐私保护需求。

## 4 实验测试与结果

为验证该系统在实际环境下的声音检测与干扰

屏蔽能力,进行了一系列的实物测试。人声监测录音屏蔽系统实物图如图 9 所示。界面显示如图 10 所示。

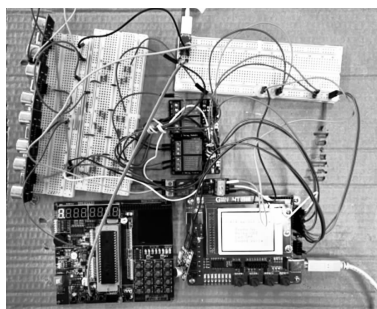


图 9 人声监测录音屏蔽系统实物图

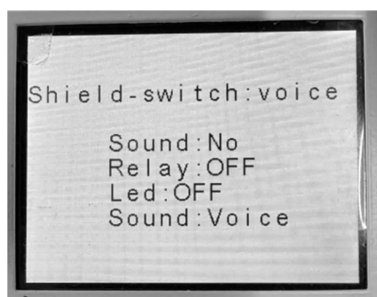


图 10 人声监测录音屏蔽系统交互界面

### 4.1 信号有无以及屏蔽信号测试

在安静空旷且无明显电磁干扰的室内环境中,将音频播放设备固定于中心位置,准备好待测试的人声监测录音屏蔽系统。开启音频播放设备,播放一段持续的音频信号,观察音频信号监测/识别模块能否正确识别音频信号的存在并开启指示灯,移动录音装置在不同距离(从 0.5 m 开始每隔 0.5 m 至 2 m)和角度(从 0°开始每隔 15°至 90°)进行测试音频的录音操作,验证信号发生器对录音/回放装置的屏蔽距离( $\geq 1$  m)和屏蔽角度( $\geq 60^\circ$ )的效果。最后停止播放音频,查看模块是否能准确判断音频信号的消失并关闭指示灯,测试结果如表 1 所示。

表 1 有无声音信号测试结果

序号	声音信号	装置状态	距离	角度	屏蔽效果
1	有	屏蔽启动	0.8 m	0°	屏蔽成功
2	有	屏蔽启动	0.8 m	5°	屏蔽成功
3	有	屏蔽启动	0.9 m	10°	屏蔽成功
4	有	屏蔽启动	0.9 m	15°	屏蔽成功
5	有	屏蔽启动	1.0 m	20°	屏蔽成功

### 4.2 人声识别并屏蔽测试

在以上环境要求下准备好待测试的系统装置,包括音乐、人声、环境声等多种类型的音频信号源、高精度计时器以及能够精确播放和分析音频的设

备。依次播放音频信号,同时启动计时器,记录模块识别每种音频类型所用的时间,检查是否都在1 s以内,检查频屏蔽结果是否正确,测试结果如表2所示。

表2 人声信号屏蔽测试结果

序号	声音类型	识别时间	距离	识别结果	装置状态
1	音乐	1 s	1 m	音乐	未启动
2	噪声	1 s	1 m	噪声	未启动
3	人声	1 s	1 m	人声	启动
4	音乐	1 s	1 m	音乐	未启动
5	人声	1 s	1 m	人声	启动

## 5 总结

该文设计并实现了一种基于STM32的人声监测录音屏蔽系统,针对当前语音隐私泄露风险日益严峻的现实问题,提出了一种通过智能识别与定向干扰相结合的屏蔽方案。系统主要由音频采集模块、信号识别与分类算法、PWM驱动的超声波干扰模块、继电器控制电路及STM32G431RBT6控制核心组成,具备稳定的音频检测与选择性干扰能力。该系统具有结构简单、识别准确、响应迅速、干扰有效等特点。目前市面上的录音屏蔽仪主要工作方式是手动开启关闭,该文设计的系统装置可以监测当前环境中是否有声音后决定工作状态,同时也可以选择人声监测模式,当检测到音乐时不开启屏蔽装置,当检测到人声时开启屏蔽装置。它可以在语音隐私保护和反录音场景中发挥积极作用,并具有进一步工程化和产品化的潜力。未来的进一步探索:在更复杂的环境中进行适应性测试;引入深度学习方法以提高识别性能;硬件板载优化和系统尺寸减小;为系统增加远程控制和反馈功能,实现更先进的

智能语音屏蔽设备。

### 参考文献:

- [1] 宋宇波,马小松,陶祎航,等.基于声学参量理论的超声波防录音屏蔽研究与实现[J].北京理工大学学报,2020,40(12):7.
- [2] 高铭,陈奕可,陈佳彤,等.基于超声波非线性的汉语语音防窃听方法[J/OL].电子学报,1-14[2025-07-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2087.TN.20250314.1408.006.html>.
- [3] 任驿,王俊伟,宋秀萍.基于STM32的阻塞式录音屏蔽系统设计[J].自动化应用,2025,66(09):192-196.
- [4] 程健豪,周满,吴逸豪.基于选择性超声波干扰的语音助手隐私保护系统[J].武汉大学学报(理学版),2023,69(05):553-564.
- [5] KUNE D F, BACKES J, CLARK S S, et al. Ghost talk: Mitigating EMI signal injection attacks against analog sensors[C]//2013 IEEE Symposium on Security and Privacy. New York:IEEE Press, 2013:145-159.
- [6] 曹胜,陈嘉强,李佳豪,等.双通道周期信号分离装置的设计与实现[J].工业仪表与自动化装置,2024(01):18-21.
- [7] 王光艳,赵晓群,王霞.语音信号时频特征显示系统的设计和仿真[J].计算机工程与应用,2010,46(29):73-75+97.
- [8] 张树峰,孙少凡,赵雨宸,等.基于ST3020系统的LM386音频功率放大器性能测试[J].大学物理实验,2025,38(01):94-99.
- [9] 郭裕丰,王文虎,李建奇.基于声音识别技术的婴儿无线监控系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2020,20(04):59-62+67.
- [10] 熊俊,查晓明,陈艺智,等.基于DBRF-CNN的油浸式变压器多类型缺陷声音信号识别[J/OL].南方电网技术,1-12[2025-07-02].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1643.tk.20250606.1101.002.html>.

**欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎刊登广告！**

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00元/期 108.00元/年  
地址:西安市高新区沣惠南路8号 邮编:710075 电话:029-81871277  
网址:<http://yb-zdh.shaangu-group.com> 电子邮箱:gyybbjb@126.com