

# Research of Sound Localization System about Petroleum Equipment Failure

Hongxin Chen<sup>1</sup>, Juncheng Liu<sup>2</sup>, Tao Ma<sup>2</sup>, Dexiong Liu<sup>2</sup>, Guiwen Peng<sup>2</sup>, Yongqiang Tang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CNOOC Research Institute, Beijing

<sup>2</sup>School of Electronic and Information Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu

Email: 1021966396@qq.com

Received: Aug. 16<sup>th</sup>, 2012; revised: Sep. 10<sup>th</sup>, 2012; accepted: Sep. 19<sup>th</sup>, 2012

**Abstract:** The design uses TI's ultra-low power the MCU MSP430G2553 processor as core. We fixed installation a receiver module at all of the four corners of a flat which is not greater than 1 m<sup>2</sup>, receiver module receives the unnormal frequency voice signals due to petroleum equipment failure after filtering and transmitted it to the information processing module, control system according to the voice the receiver module received to determine the coordinates of the location of the petroleum equipment failure on look-up table, at the same time 12864 LCD shows the X, Y coordinates, so as to produce a sound localization system can determine the coordinates of the location of the petroleum equipment failure in 500 mm × 350 mm squared paper.

**Keywords:** Msp430; Sound Localization; Look-Up Table; Fault Location; Petroleum Equipment

## 一种石油设备故障声音定位系统研究

陈红新<sup>1</sup>, 刘俊成<sup>2</sup>, 马涛<sup>2</sup>, 刘德雄<sup>2</sup>, 彭贵文<sup>2</sup>, 唐永强<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中海油研究总院, 北京

<sup>2</sup>西南石油大学电气信息学院, 成都

Email: 1021966396@qq.com

收稿日期: 2012年8月16日; 修回日期: 2012年9月10日; 录用日期: 2012年9月19日

**摘要:** 本设计以 TI 公司超低功耗 MCU MSP430G2553 处理器为核心完成。在一块不大于 1 m<sup>2</sup> 的平板四角外侧分别固定安装一个声音接收模块, 声音接收模块经过滤波接收石油设备故障位置发出的不正常频率声音信号并将其传输到信息处理模块, 声音定位系统控制系统通过查表法根据声音经过空气传播到各声音接收模块的声音信号来判定石油设备故障所在的位置坐标, 同时通过 12864 液晶显示屏将石油设备故障处的 X、Y 坐标显示出来, 从而来制作一个可以检测在 500 mm × 350 mm 的坐标纸内石油设备故障具体位置的声音定位系统。

**关键词:** MSP430; 声音定位; 查表法; 故障定位; 石油设备

### 1. 引言

目前石油行业设备的故障都是通过技术员来判断, 或者通过智能机器人的定位跟踪, 是依靠视觉定位和听觉定位来实现, 由于视觉场被限定在小于 180° 的范围内, 且不能穿过不透光的障碍物, 因此单纯依靠机器人视觉获取外界信息来进行定位的精度相对较低。相对于视觉信号来说, 声音信号在时间轴上是

一维的, 在空间上是沿球面径向传播的, 任何方向上的传感器都能接收到声波, 而一般石油设备故障处发出的声音频率和正常时有差别, 因此可以通过对声音信号的采集和处理, 判断出故障声音的大致位置, 然后引导机器人移动至目标位置的声音引导定位系统是机器人智能化领域内的一个研究热点<sup>[1]</sup>。本设计便是基于单片机系统与接收系统相结合, 研制的一套基

于到达时差的声音引导的石油设备故障定位系统。

## 2. 系统硬件方案设计

系统硬件控制电路总体结构框图如图 1 所示，包括电源模块、控制模块、模拟石油设备故障和正常声音的声响模块、接收模块、显示模块。其工作原理为：首先模拟石油设备故障声音的声响模块通过按键发出声音，接着接收模块对声响模块发出的声音接收，通过滤波滤掉正常时候发出的声音，放大，比较之后将传给控制模块，控制模块通过各个接收模块传过来的信息确定声响模块的位置，然后通过显示模块将声响模块在坐标纸中的位置显示出来<sup>[2]</sup>。系统框图如图 1 所示。

## 3. 理论分析与计算

如图 2 所示将可移动声源放置于 ox 右侧任意点 S，当声源发出石油设备故障时的声音时，A、B、C 三点会根据 S 点的位置按一定先后顺序收到声音信号，设 A 接收器和 B 接收器接收的时间差为  $t_1$ ，A 和 C 之间接收的时间差为  $t_2$ ，设 S 的初始坐标(x, y)，则

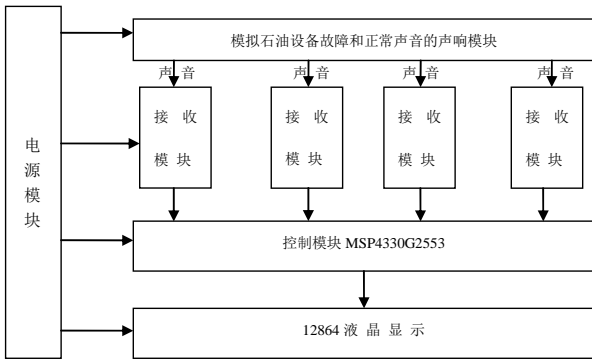


Figure 1. System block diagram  
图 1. 系统框图

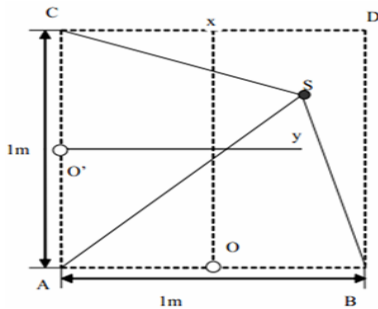


Figure 2. Traditional methods  
图 2. 传统方法

方程为：

$$SA - SB = Vt_1$$

$$SA - SC = Vt_2$$

### 3.1. 理论方法

计算方法都是带入 OA, OB, OC 得：

$$\sqrt{x^2 + (y-1)^2} - \sqrt{x^2 + y^2} = vt_1$$

$$\sqrt{(x-1)^2 + y^2} - \sqrt{x^2 + y^2} = vt_2$$

然后采用 Matlab 编程解得：

$$x = 1/2 / (4*a^2 - 4 + 4*b^2) * (-4*a*b - 4*a^2*b^2 + 4*a^3*b + 4*a^2 - 4 + 4*b^2 - 4*(b^6 + 4*b^4*a^2 - 2*a^3*b^3 - 2*a*b^5 + a^4*b^2 + 2*b^2 - 3*a^2*b^2 + 2*a*b^3 - 3*b^4 - a^4*b^4 - b^6*a^2 + 2*a^3*b^5)^{1/2})$$

$$y = -1/2 * (-b - a / (4*a^2 - 4 + 4*b^2) * (-4*a*b - 4*a^2*b^2 + 4*a^3*b + 4*a^2 - 4 + 4*b^2 - 4*(b^6 + 4*b^4*a^2 - 2*a^3*b^3 - 2*a*b^5 + a^4*b^2 + 2*b^2 - 3*a^2*b^2 + 2*a*b^3 - 3*b^4 - a^4*b^4 - b^6*a^2 + 2*a^3*b^5)^{1/2})) + a^2*b - b^2*a) / b$$

但是这样的方法过于复杂，精准度也达不到要求；单片机运行速度受影响，故放弃了使用此方法。

### 3.2. 查表法

MSP430 组成的控制部分是本次试验成功与否的关键，如果直接采用理论方法将会使单片机处理过程极其复杂，精度也会受到影响，故主要采用基于 FPGA 技术的查表法<sup>[3]</sup>。即先使用 MATLAB 根据理论计算制作两个表  $S_1$ [51][36]和  $S_2$ [51][36]，然后控制系统根据三个接收装置传入的数据找到  $Vt_1$  与表  $S_1$ [X][Y]中数据一致时的 X、Y 值，再把同样 X、Y 值一个个带入表  $S_2$  中，判断  $S_2$  中的数据是否与  $Vt_2$  一致，如果一样，在根据第四个接收装置进行校正当前所测值是否准确，当所测值到另外一个接收的所用时间与测量时间相同时，则此时的 X、Y 就是坐标 X、Y 值，否则进行一些补偿<sup>[4]</sup>。如果有一定误差，基于模糊控制的理论，通过程序补偿法，在一定的误差范围内都认为  $S_2$  中的数据是与  $Vt_2$  一致的。通过这种方法可以大大的减少单片机的工作量，同时也能在一定范围内提高精度。

## 4. 硬件电路设计

### 4.1. 控制电路

MSP430G2553 具有超低电源供电和超低功耗等特点。同时 MSP430G2553 的驱动能力非常强，这也是选择他而不用 51 的原因之一。使用其 P1.1、P1.2、P1.3、P1.4 四个端口作为四个接收装置的接收口，使用 P2.0、P2.1、P2.2 控制 LCD 的显示。其最小系统如图 3 所示<sup>[5]</sup>。

### 4.2. 声音发生电路

声音发声模块由 MSP430G2553 作为控制元件控制发声频率，以引脚 P1.3 作为外接按钮控制扬声器来

模拟石油设备故障和正常时发出的声音控制，信号由 P2.4 口输出，而电源是由于电池和基于 MC34063AP1 的升压模块提供，如图 4 所示<sup>[6]</sup>。

### 4.3. 接收电路

接收电路是由驻极体话筒将声音信号通过前端滤波电路滤掉正常时的声音，然后由三极管组成小信号放大器，最后通过 LM358 构成比较电路。其电路图如图 5 所示。

### 4.4. 电源电路

电源主要分为两部分，一部分为声响模块供电，其主要是两块 1.5 V 的干电池供电；第二部分是

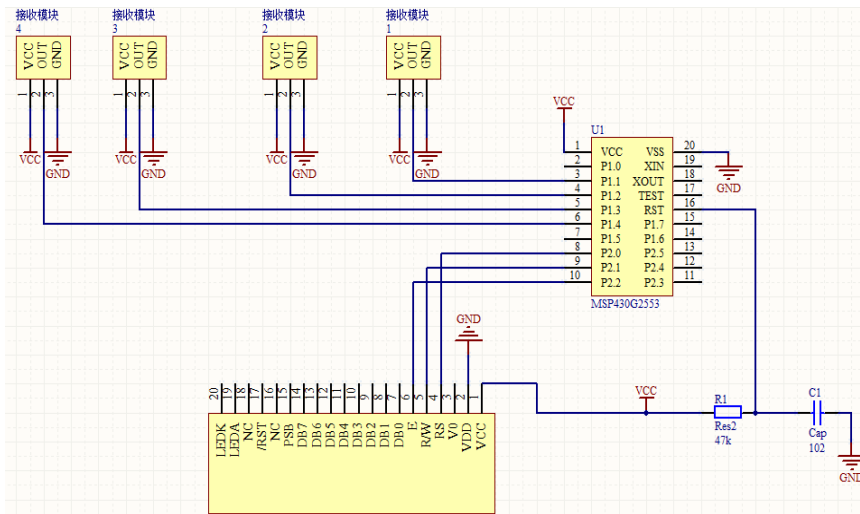


Figure 3. Control circuit  
图 3. 控制电路

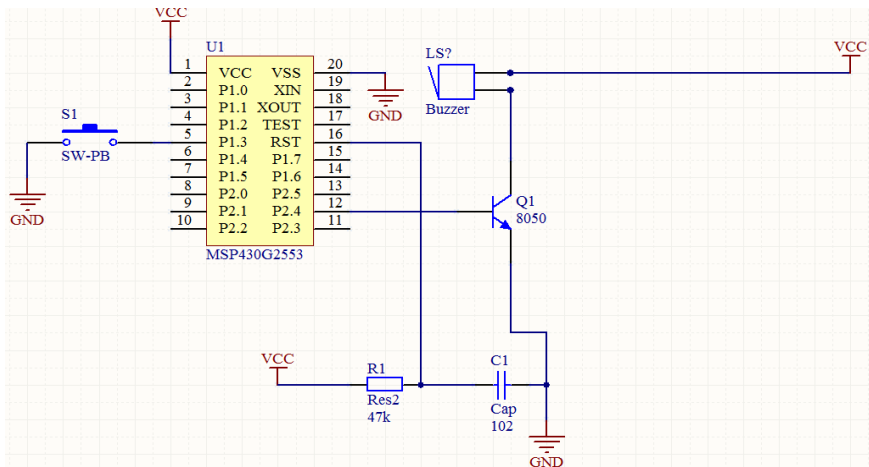


Figure 4. Sound generating circuit  
图 4. 声音发生电路

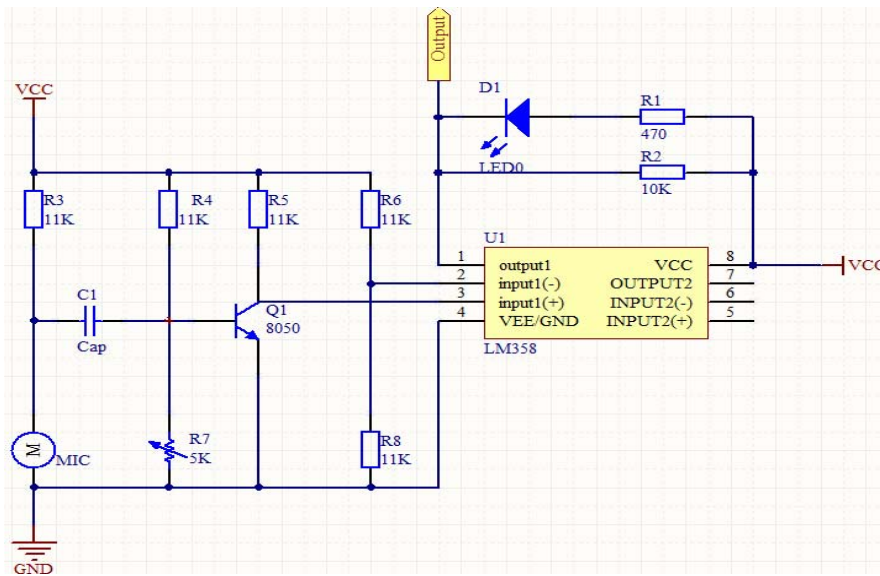


Figure 5. Receiving circuit  
图 5. 接收电路

制模块，接收模块等供电的电源，他主要是直流电源通过 7805 转化为 5 V 为 LCD12860 供电。然后再经过 LP2950-33LPRE3 将电压转化成 3.3 V 为单片机和各个接收模块供电，其电路图见图 6。

## 5. 系统软件设计

硬件与软件是单片机应用开发系统的两个重要组成部分，本设计为了充分体现装置的智能化以及减小硬件电路的体积，软件部分设计的重要性就显得尤为突出了，所以软件设计工作在整个设计中是重要的，本实验包括两个部分，故需要编些两个程序模拟石油设备故障声音的声响模块程序和控制模块程序。在本实验中 MSP430 主要起控制作用，使用 C 语言，控制模块主要需要对时钟初始化，I/O 口初始化和 LCD 初始化，同时通过控制中断来控制声音的检测和 LCD 的显示，流程图如图 7 所示<sup>[7]</sup>。

## 6. 测试及测试结果分析

### 6.1. 测试数据

将发声源放在 500 mm × 350 mm 的坐标纸任意坐标上，在其四角外侧分别固定安装一个声音接收模块通过，用手，读取 LCD 上的显示的坐标值与实际值比较，测试结果如表 1 所示。然后控制声响模块发出石油设备正常声音观察 LCD 的显示，如表 2 所示。

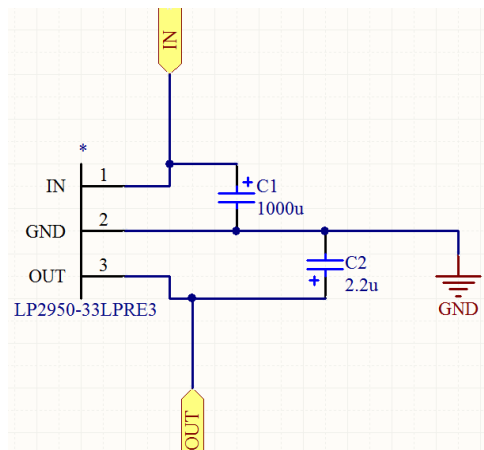


Figure 6. Power supply circuit  
图 6. 电源电路

### 6.2. 数据分析

由上面的测试结果可知，当声响发出石油设备正常声音时屏幕显示正常。而当声响发出石油设备故障声音误差在 30 mm 之内，这是由于在算法上采用的是查表式存在一定误差，同时使用 5 K 电位器手动调节各个接收模块的灵敏度，故也会有一定误差。

## 7. 结论

本设计中使用了 MSP430G2553 作为主控器，实现了以下功能：

- 1) 通过按键控制扬声器模拟发出石油设备故障

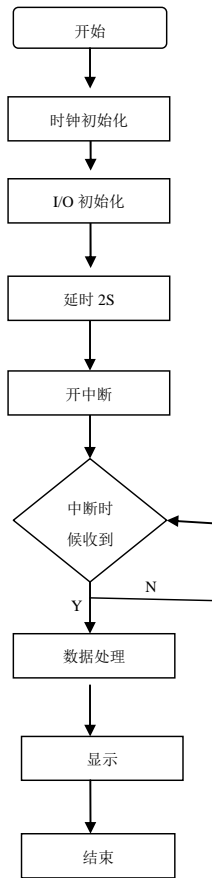


Figure 7. System flowchart  
图 7. 系统流程图

Table 1. Test data under fault conditions  
表 1. 石油设备故障声音测试数据

测量次数	X 坐标(m)			Y 坐标(m)			总误差 (m)
	真实值	测量值	误差	真实值	测量值	误差	
第一次	60	70	10	60	80	20	22.3
第二次	200	180	20	90	70	20	28.3
第三次	270	270	0	160	150	10	10
第四次	300	290	10	250	230	20	17.33
第五次	450	430	20	300	290	10	17.3

Table 2. Normal condition test data  
表 2. 石油设备正常声音测试数据

测量次数	声响位置		显示
	X 坐标(mm)	Y 坐标(mm)	
第一次	60	60	正常
第二次	200	90	正常
第三次	270	160	正常
第四次	300	250	正常
第五次	450	300	正常

声音和石油设备正常声音。

2) 系统能识别石油设备正常发声与否。

3) 12864 液晶显示屏能够显示石油设备故障位置坐标值, 误差的绝对值不大于 30 mm。

通过模拟测试发现, 该设计可以扩展应用到石油设备故障定位应用<sup>[8]</sup>。

### 参考文献 (References)

- [1] 邱关源, 主编. 电路(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 吴锡龙, 主编. 电路分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] 李玉伯, 主编. 最小系统设计与应用[M]. 北京: 电子科技大学出版社, 2012.
- [4] 利尔达, 主编. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [5] 江怀友, 郭建平, 郭士尉等. 世界火成岩气藏勘探开发现状与展望[J]. 天然气技术, 2010, 4(2): 8-10.
- [6] 隋秀香, 李相方等. 井场硫化氢检测系统的研制[J]. 天然气工业, 2011, 9: 82-84.
- [7] 葛亮, 胡泽, 付英军. 一种存储式多参数测井系统的设计[J]. 传感器与微系统, 2011, 8: 150-152.
- [8] 李长忠, 李川东, 雷英全. 高含硫气井安全隐患治理技术思路与实践[J]. 天然气工业, 2010, 30(12): 48-52.