

摘要：近年来，手势识别在体感交互、康复训练等各行各业发挥了重要应用。本文在前人的基础上提出了一种基于 LC 谐振腔传感器的简易手势识别系统，本系统采用 MSP430F5529 单片机为控制器，通过定制覆铜板与电容式近距离传感芯片 FDC2214 实现接近检测手势信号，并由 I²C 接口将测得的数据回传给单片机进行滤波、特征提取、模式分析等操作，进行手势的训练或判定。通过对猜拳模式和划拳模式的测试发现，本装置可以方便高效地识别出简单手势，成功率高。

关键词：手势识别；特征提取；FDC 2214

中图分类号：TP391.4 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2020)11-0039-05

收稿日期：2020-09-19

基于 LC 谐振腔传感器的简易手势识别系统

袁宇锋

通富微电子股份有限公司，江苏南通 226001

一、引言

随着电子信息技术的发展，手势识别在体感交互^[1]、康复训练^[2]等各行各业发挥了重要应用。因此，不少学者为此做了大量的研究工作：李云^[3]采用了肌电模式识别中国手语，从而判断聋哑人的意图；蒲兴成等^[4]利用 Kinect 的深度摄像头获取手势深度图像和骨骼图像数据，同时基于加权动态时间规整算法进行识别；然而更多的研究是基于光学传感器的，如韩正臣^[5]利用摄像头获取图像数据并利用 OpenCv 开源视觉库来对图像进行处理并识别手势。而将 LC 谐振腔传感器用于手势识别近年来文献鲜有报道。

TI 公司发布的 FDC2200 系列芯片是基于 LC 谐振腔传感原理实现的，它的到来为手势识别的实现提供了一个简便实现的新思路。本文正是基于 FDC22014 芯片，设计并实现了一个简易的手势识别系统。

二、系统设计与实现

本系统采用 MSP430F5529 单片机作为控制器，与 FDC2214^[6]通过 I²C 通讯，将 FDC2214 测得的数据回

传给单片机，再用单片机内部集成的 28 位 ADC 对回传的数据进行采样，根据采样值换算出电容值，再通过单片机处理实现手势识别。此外，系统中还留有简单的人机接口（独立按键）、指示灯和显示屏，用于控制模式的选择。具体系统框图如图 1 所示。

1、硬件选型与设计

本系统硬件部分主要由铜板前端检测器件、FDC2214 传感模块（I²C 通讯接口、AD 模数转换器）、

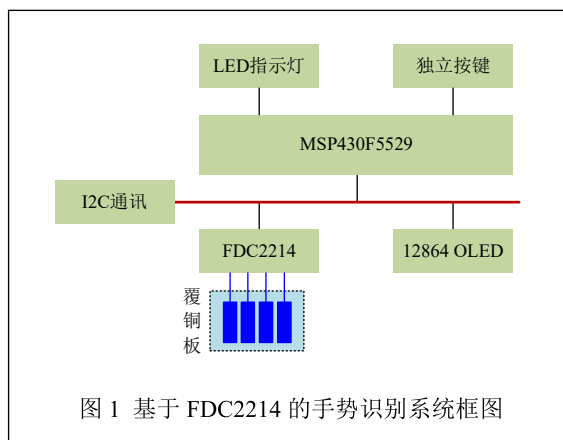


图 1 基于 FDC2214 的手势识别系统框图

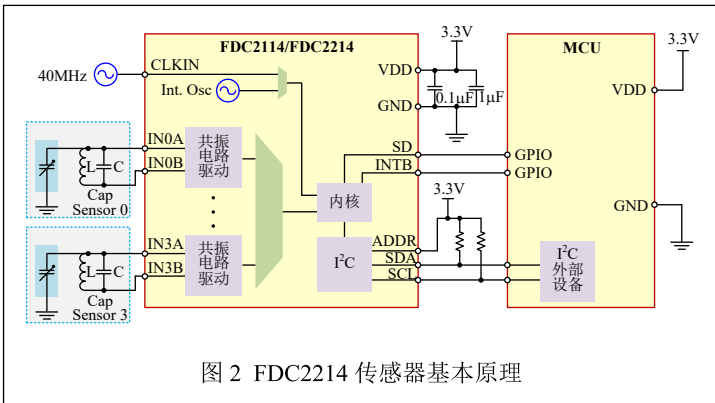


图 2 FDC2214 传感器基本原理

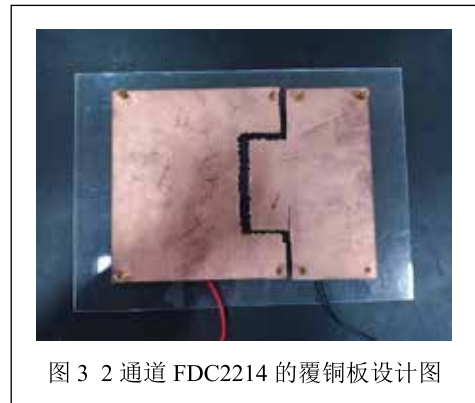


图 3 2 通道 FDC2214 的覆铜板设计图

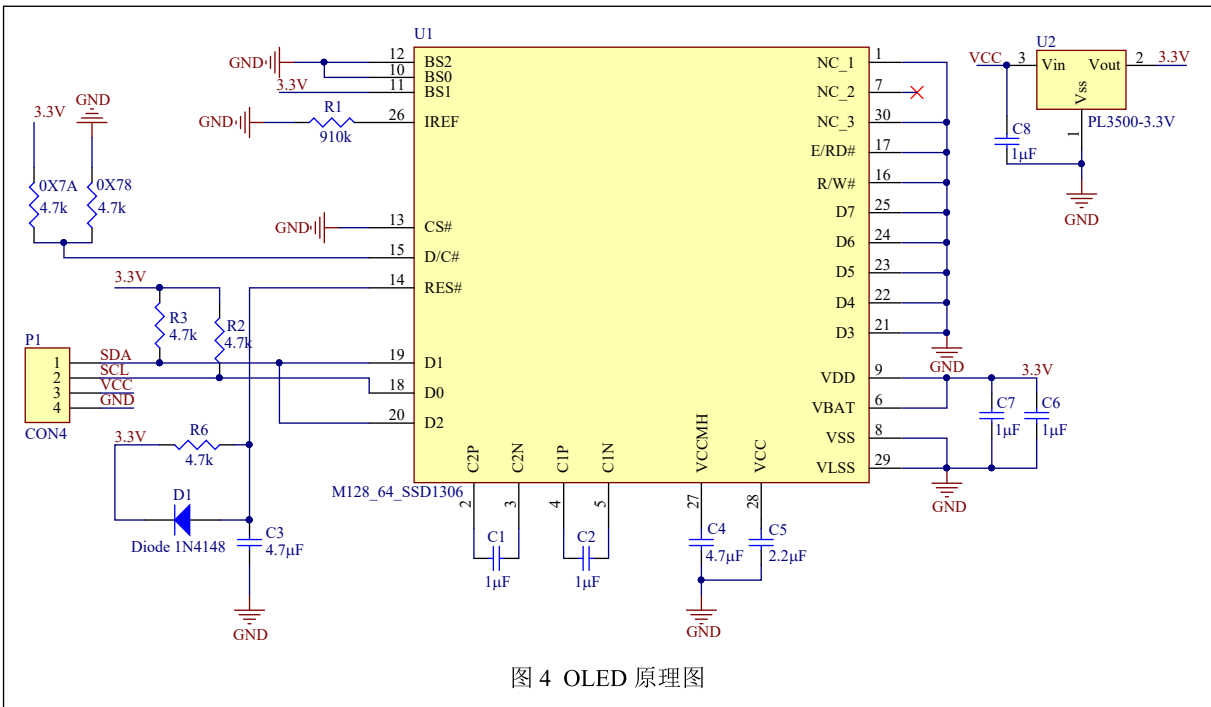


图 4 OLED 原理图

数据处理模块、显示屏模块和电源模块组成。

(1) 基于 FDC2214 的覆铜板测量电路

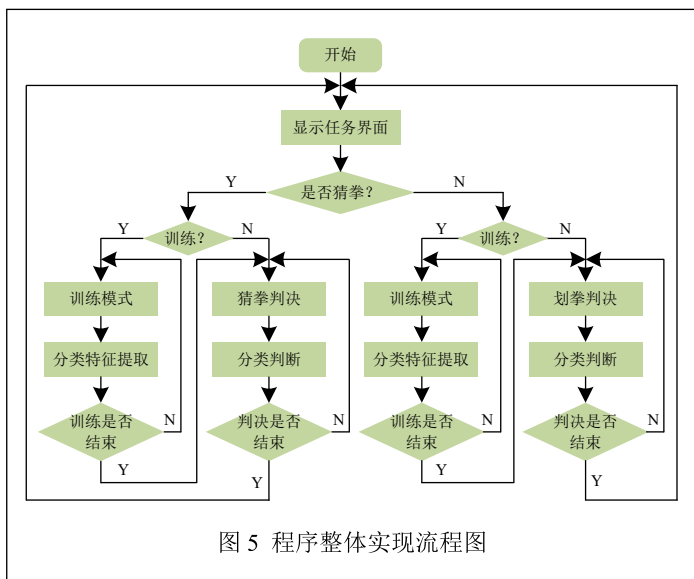
FDC2214 是基于 LC 谐振腔传感器，其基本原理如图 2 所示。电感器和电容器连接到每个通道的两个输入。一个导电传感器板（如铜板），可以连接到 LC 槽的任一节点作为电容传感器。在主动模式中，该装置使半正弦波对 LC 槽激发，并测量其振荡频率。在任意环境中，FDC2214 皆可实现近距离感应：借助 36dB 的抗噪性，在噪声出现时，FDC2214 系列产品可让性能提升 60 倍，大幅度地改善了对人体的电容感测效能。由于 FDC2214 检测精度 28 位，灵敏度高，易

于实现近距离测试，低功耗，低成本，适用于各种不同的应用，如接近检测和手势识别到远程液位传感等优点，能实现对手势的识别。

本系统采用一片 FDC2214 芯片，设为多通道模式，使用 2 块覆铜板作传感器，如图 3 所示。通过反复测量并分析传感器的回传数据，找出 2 块传感器最优的排列。用 2 个传感器采集数据，可以获得手势的多维数据信息，提高识别的准确性，而且用一片 FDC2214 即可实现上述方案，简单、方便、节约成本。

(2) OLED 显示模块

本系统中，显示模块用于显示单片机输出的手势



判定结果，以便进行判定结果的观察、硬件的调整以及软件的调试。OLED 中文译作有机发光二极管，具有响应速度快、轻薄、画面不失真、工艺简单和抗震性能好等优势。OLED 有 I²C 接口，而 FDC2214 也通过 I²C 与单片机通讯，可共同构成 I²C 网络，简化程序，且电路连接线少。具体原理图如图 4 所示。

(3) MSP430F5529 主控模块

MSP430F5529 是 TI 公司生产的一款超低功耗的 16 位单片机。单片机系统工作电压 1.8V~3.6V，采用 16 位精简指令集 MCU，模数转换方便，2 个 16 位计数器。操作简便，编程容易，控制精准。与 51 单片机相比，MSP430F5529 单片机支持在线调试和在线下载程序。

2、软件部分设计与实现

当人手靠近铜板传感器时，引起系统电容产生变化。手势不同，电容变化情况也不同。将 FDC2214 在不同手势下测得的数据回传给单片机，根据理想的平行板电容原理换算出电容值，进行特征提取与分析，实现手势识别。程序整体框架如图 5 所示。

(1) KNN (K-Nearest Neighbour) 算法在本系统中的应用与实现

KNN 算法^[7-8]简单、有效，由于 KNN 方法主要靠周围有限的邻近的样本，而不是靠判别类域的方法来确定所属类别的，因此，对于类域的交叉或重叠较

多的手势样本集来说，KNN 方法较其他方法更为适合。将 KNN 算法应用在本装置中，具体过程如下：2 个传感器按照一定规则排在亚克力板上。在训练模式下，将手放在亚克力板上，每隔一定时间对传感器数据进行采样，滤波后得到 2 个传感器采集到的一组电容数据，重复训练三次，计算出三组数据的质心作为该手势的电容数据特征向量，依次变化手势，重复上述过程，计算出各类手势的电容数据特征向量；在判决模式下，随机摆放一种手势，经滤波后获得该手势的电容数据，通过依次与训练模式下各手势的电容数据特征向量计算欧氏距离，将手势划分到欧氏距离和最小的类中。

(2) 电容式传感器识别手势原理

当手触摸在金属层上时，由于人体电场，用户和触摸屏表面形成一个耦合电容，对于高频电流来说，电容是直接导体，会影响电路整体电容特性。

人手接近导电传感平面，电容发生变化的原理：平行板电容 C 的定义：

$$C \propto \frac{K \cdot A}{d} \quad (1)$$

其中， A —两平板相对的面积；

K —两导体之间的介电常数；

d —两导体之间的相对距离。

当人手靠近导电传感平面时，由于人体电场，手和电容传感平面之间形成一个耦合电容，而导电传感平面与芯片的 LC 电路连接，该耦合电容将改变电路的电容值，从而改变振荡频率，由此检测到人手带来的信号。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

其中， L —谐振电感；

C —平行板电容。

三、系统整体调试与测试结果

装置具有训练和判决两种工作模式。在判决模式下，实验装置能对指定人员进行猜拳游戏和划拳游戏的判决。这里猜拳游戏的判决是指对手势比划“石头”、

“剪刀”和“布”的判定，划拳游戏的判定是指手势比划“一”、“二”、“三”、“四”和“五”的判定。在训练模式下能对任意人员进行猜拳游戏和划拳游戏的手势训练，经过有限次训练后，能进行正确的猜拳游戏和划拳游戏的手势判决。具体测试图如图6所示。

1、首先进入猜拳训练模式，测试者随机摆出“石头”、“剪刀”、“布”中的任何一种手势，查看 OLED 显示屏判决的结果，记录是否成功；

2、进入猜拳判决模式，测试者依次摆出“石头”、“剪刀”、“布”手势中的任意一种手势，查看 OLED 显示屏判决的结果，记录是否成功；

3、不断更换手势重复步骤1、2，计算成功率；

4、首先进入划拳训练模式，测试者随机摆出

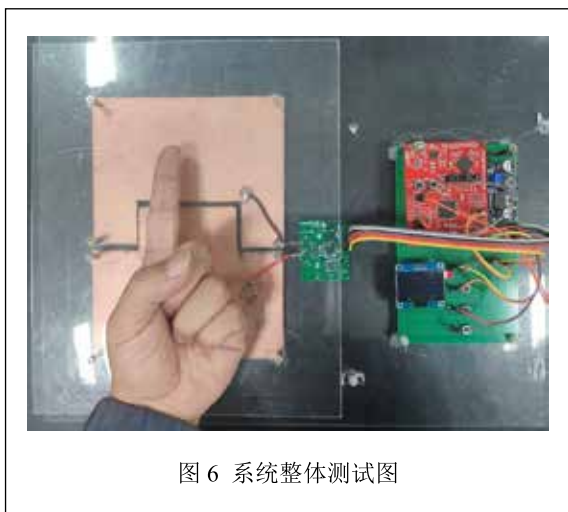


图6 系统整体测试图

表1 “石头、剪刀、布”猜拳模式成功率测试

| 测试者 | 平均训练时间 (s) | 判决时间 (ms) | 成功率 |
|-----|------------|-----------|-----|
| 1号 | 55 | 795 | 99% |
| 2号 | 46 | 783 | 97% |
| 3号 | 51 | 984 | 99% |
| 4号 | 47 | 817 | 98% |

表2 “一、二、三、四、五”划拳模式成功率测试

| 测试者 | 平均训练时间 (s) | 判决时间 (ms) | 成功率 |
|-----|------------|-----------|-----|
| 1号 | 53 | 815 | 98% |
| 2号 | 47 | 793 | 97% |
| 3号 | 50 | 886 | 97% |
| 4号 | 48 | 873 | 98% |

“一”、“二”、“三”、“四”、“五”中的任何一种手势，查看 OLED 显示屏判决的结果，记录是否成功；

5、进入划拳判决模式，测试者依次摆出“一”、“二”、“三”、“四”、“五”手势中的任意一种手势，查看 OLED 显示屏判决的结果，记录是否成功；

6、不断更换手势重复步骤1、2，计算成功率。

我们邀请了4位不同的测试者来实验我们的装置，每人测试10组，具体猜拳模式测试结果如表1所示。

同时我们也测试了划拳模式，同样每人测试了10组，识别成功率基本也能达到97%以上，测试结果如表2所示。

通过上述实验结果我们可以发现，基于 FDC2214 的手势识别方案，识别时间短，成功率高，是一个可行的手势识别方法。

四、结论

本文我们设计了一种基于 FDC2214 的简易手势识别装置。该装置通过电容式近距离传感芯片 FDC2214 实现接近检测，通过处理 FDC2214 回传给单片机的数据，通过算法分析识别各类手势，识别迅速，且成功率较高。

参考文献

- [1] 李松江, 李俊俊, 杨华民, 等. 机器学习下的动态体感手势识别系统 [J]. 电子技术与软件工程, 2018, (10): 104.
- [2] 丁伟利, 胡艳玲, 申亚辉, 等. 基于虚拟试验箱的康复手势识别算法研究 [J]. 高技术通讯, 2017, (3): 261-268.
- [3] 李云. 基于肌电模式的中国手语识别研究及康复应用探索 [D]. 中国科学技术大学, 2013.
- [4] 蒲兴成, 王涛, 张毅. 基于改进 Hu 矩算法的 Kinect 手势识别 [J]. 计算机工程, 2016, 42(007): 165-172.
- [5] 韩正臣. 基于 OpenCv 摄像头手势识别 [J]. 电脑知识与技术, 2016, 012(035): 193-194.
- [6] 乌绍懿, 张富春, 杨延宁, 等. 基于 FDC2214 的手势密码锁设计 [J]. 电子设计工程, 2019, 027(021): 93-96, 101.

[7] 刘靖明, 韩丽川, 侯立文. 基于粒子群的 K 均值聚类算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(6): 54-58.

[8] 陶新民, 徐晶, 杨立标, 等. 一种改进的粒子群和 K 均值混合聚类算法 [J]. 电子与信息学报, 2010, (01): 92-97.

Simple Gesture Recognition System Based on LC Resonator Sensor

YUAN Yu-feng

(Tongfu Microelectronics Co., Ltd., Nantong 226001, China)

Abstract: In recent years, gesture recognition has played an important role in somatosensory interaction and rehabilitation training. In this paper, on the basis of previous studies, we propose a new method based on LC, the system uses MSP430F5529 single chip microcomputer as the controller, realizes the close detection of gesture

signal by customizing copper clad laminate and capacitive proximity sensor chip FDC2214, and sends the measured data back to the single chip microcomputer for filtering, feature extraction, pattern analysis and other operations by I²C interface, so as to train or judge the gesture. After testing, the device can realize simple gesture recognition in a short time, and meet the design requirements.

Key words: Gesture recognition; feature extraction; FDC 2214

作者简介

袁宇锋: 通富微电子股份有限公司, 工程师, 研究方向为测试自动化、自动化控制。

通信地址: 江苏省崇川路 288 号

邮编: 226001

邮箱: yf.yuan@tfme.com