

技术理论

基于电容传感器 FDC2214 的多手势识别装置设计

方奕乐

(武昌首义学院 湖北 武汉 430064)

摘要: 采用手掌形分布的电容感应区域进行检测; FDC2214 芯片采集测试区电容值, 发送给 STM32F407 进行数据处理, 运用均值算法确定其阈值, 通过对比达到识别手势的目的。用按键进行训练和判决两种工作模式的切换, 系统对检测数据进行记录、分析及学习, 实现对手势判决, 并将结果输出至 LCD 屏。

关键字: FDC2214; STM32F407; 手势识别

Design of Gesture Recognition Device Based on the Sensor Chip FDC2214

Yi-le Fang

Wuchang Shouyi University, Wuhan Hubei 430064, China

Abstract: The capacitive sensing area distributed in the palm is used for detection; FDC2214 chip collects the capacitance value of the test area, sends it to STM32F407 for data processing, uses the averaging algorithm to determine its threshold, and achieves the purpose of recognizing gestures through comparison. The system records, analyzes and learns the detection data with the button to switch between the two working modes, realizes the gesture judgment, and outputs the results to the LCD screen.

Key words: FDC2214; STM32F407; gesture recognition

0 引言

设计了一个基于电容式传感器 FDC2214 的手势识别装置。在判决模式下识别手势, 当人手接触测试区时, 极板的电容值会发生变化, 通过 STM32 实现不同类别手势的识别, 并将测试值及手势识别结果在 LCD 屏显示。系统在训练模式下能对任意人员进行猜拳手势“剪刀、石头、布”和划拳手势“数字 1—5”的学习, 经过有限次训练后, 能进行正确的猜拳和划拳的手势判决。

1 总体设计

系统设计框架如图 1 所示, STM32F407 作为核心控制芯片, TI 公司的 FDC2214, 采集极板与手势接触的电容值; 得到的数据通过滤波和均值算法来判断出不同手势之间的区别。以独立按键来调节菜单和录入手势模板, 通过 LCD 显示屏进行实时检测数据及判定结果显示。

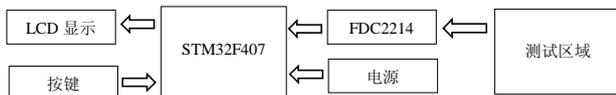


图 1 系统设计框图

2 系统硬件设计

2.1 控制部分

根据系统要实现的功能以及传感器特性, 主控制芯片需完成以下主要功能:

(1) 与 FDC2214 进行 I2C 通信, 并接收传感器的检测数据;

(2) 根据键盘按键动作选定系统的工作模式;

(3) 对检测数据进行滤波处理, 对手势数据进行检测及记录, 根据学习记录判定手势动作;

(4) 驱动 LCD 显示器显示检测结果及判定结果。

根据以上主控制器需完成的功能, 采用了 STM32F4

单片机, 采用 32 位的 ARM Cortex-M4 处理器, 最大工作频率可达 168M, 快速单周期乘法和硬件业务, 可大大减少计算时间。自带 PWM, ADC, DA, 实时时钟等功能。非常满足作为嵌入式系统的控制需求。

2.2 传感器极板选择

电容检测部分是整个系统中最为重要的一部分, 它决定了系统的识别率高低与否, 整个系统的数据采样与检测都是建立在电容检测芯片的准确性上, 采用 FDC2214 芯片来做为电容检测芯片, 重要特性就是采用了 EMI (抗电磁干扰) 架构, 因此它可以屏蔽高噪声环境干扰, 在复杂环境确保传感器数据的准确性。根据其特性, 看可以选择任意金属作为探测板。本次设计对正方形覆铜板和铝板进行了比较。

方案 1: 采用正方形覆铜板作为传感器电容极板

由于覆铜板质地较硬, 因此采用 20cm*20cm 的正方形覆铜板作为测量电路。根据其数据手册, 测试极板越大其测量的距离越大, 即系统灵敏度会更好, 但随之而来的是噪声也随之增大。

方案 2: 采用手掌形铝板作为传感器电容极板

由于铝板质地较软, 能够实现各种形状的剪裁。本系统中采用如图 2 所示长为 10cm 高为 9cm 的手掌形铝板作为测量极板。由其作为测量极板, 其测试灵敏度与覆铜板区别不大。由于掌形铝板面积更小, 能够满足测试要求, 可减少测量误差; 因此本项目中采用图 2 所示手掌形铝板作为电容测量极板。



图 2 手掌形测试区域

2.3 显示屏选择、按键选择

显示屏采用 2.8 吋 TFTLCD 显示屏,此显示屏为真彩显示屏,能够清晰显示汉字及图片。本系统中显示屏用于显示当前处于按键控制的模式种类及实施显示传感器采集到的数据信息。

按键采用 2 个独立式键盘,通过扫描以及中断的设置完成测试模式、猜拳模式、划拳模式、学习模式及其 5 个手势的数据获取、以及确认模式。

3 理论分析与计算

3.1 电容检测原理及计算

FDC2214 是基于 LC 谐振电路原理的一个电容检测传感器。在芯片的每个检测通道的输入端连接一个电感和电容,组成 LC 电路,被测电容端与 LC 电路相连接,如图 2 所示,图中掌形区域为被测电容端。LC 谐振传感器是由电感 L_0 和电容 C_0 构成的并联谐振电路,其谐振频率为

$$f_0 = 1/2 \pi (L_0 C_0)^{1/2} \quad (1)$$

当电容值 C 发生变化,则谐振频率也发生变化,其变化后的谐振频率为

$$f_s = 1/2 \pi [L_0(C+C_s)]^{1/2} \quad (2)$$

该平面为导体材质,当人的手靠近 FDC2214 的传感平面,传感端的电容发生了变化,就会导致 LC 震荡电路震荡频率的变化,变化后的谐振频率与系统初始频率的比值对应了电容值的变化,电容值的变化与手势变化对应;因此,通过测量电容值即可判定手势。

3.2 数据处理算法

系统硬件调试成功后首先进行了数据测试,单通道连续转换数据由 Matlab 转换后进行直观的显示,其数据如图 3:

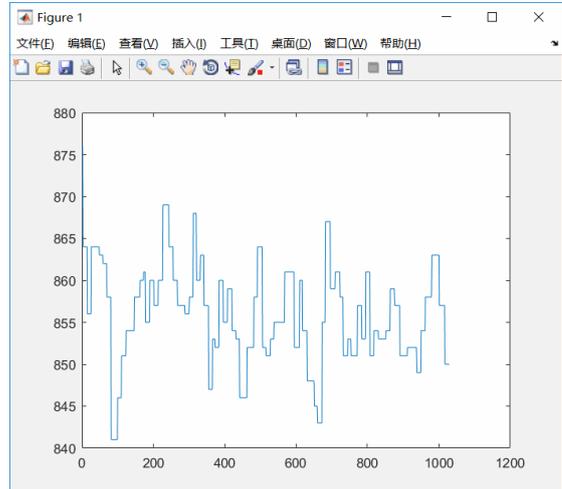


图 3 单通道连续转换数据

测试显示,数据基本稳定,为了进一步分析将其放大,发现其在目标区域还有一定的抖动,因此在程序中对采集数据进行了简单的均值滤波计算。

4 系统程序设计

4.1 系统主程序设计

系统主程序根据按键指令完成对训练模式或判决模式的切换,消息判断所需执行的模式,并将相关信息发送给数据处理单片机,同时中断接收到的数据来自于数据处理的单片机,并将信息显示在屏幕上;为方便观察,学习数据、检测数据、判定结果均实时进行 LCD 显示。

4.2 手势识别程序设计

手势识别程序主要有:训练模式和判决模式,两种模式均通过 IIC 通信对检测数据进行读取。其中学习模式需对检测数据进行滤波处理,然后选取合适的手势阈值。判定模式则检测数据并与手势阈值进行比较,进行实时的判定。

5 测试方案与测试结果

测试工具:一台电脑、USB 转串口、FDC2214、MCU。

5.1 手势的测试数据

(1) 测试“石头”、“剪刀”、“布”等各类型数据,各组数据 100 个,如图 4 所示。

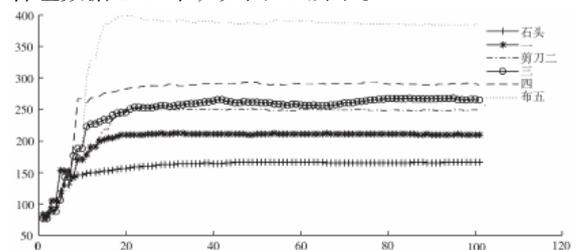


图 4 FDC2214 数据采集情况

初始的 20 个数据表示测试 手势进入测试区域,波动比较大;后面 80 个数据相对稳定,各组数据有一定的间隔,但“3”、“4”之间的数据变化不是很大,在实际系统中加入的数据均值滤波算法,去掉了一些很大或很小的值。

5.2 判定结果

由于全部手势中，“布”与手势 5 重合，剪刀与手势 2 重合，因此需要对 6 种手势进行测试。根据检测、学习、以及阈值的动态设定，检测结果如下：

表 1 各个手势的判定数据

| 序号 | 手势 | 测试次数 | 判定时间 | 准确率 |
|----|-------|--------|------|------|
| 1 | 石头 | > 20 次 | <1 秒 | 100% |
| 2 | 手势“1” | > 20 次 | <1 秒 | 100% |
| 3 | 手势“2” | > 20 次 | <1 秒 | 100% |
| 4 | 手势“3” | > 20 次 | <1 秒 | 100% |
| 5 | 手势“4” | > 20 次 | <1 秒 | 100% |
| 6 | 手势“5” | > 20 次 | <1 秒 | 100% |

以上数据显示，本系统设计的数据处理方法具有很高的判定正确性，表明系统稳定，较好的完成了控制目标。

6 结论

本系统在控制方案中采用单块STM32单片机进行系统控制，数据处理上采用一般均值滤波，经过测试，系

统具有较好的稳定效果，判定结果正确率高，表明控制策略有效。

参考文献：

[1] FDC2214 数据手册. 德州仪器, 2015.
 [2] 兰召根, 贾思波, 卿高军, 谢博, 常成. 基于电容式低成本手势识别系统设计与实现[J]. 互联网技术, 2021, 11(04):17-19.
 [3] 王鑫, 陈成凯, 陈梓威, 霍非凡, 林乐坤, 吴珂, 刘浩. 基于 FDC2214 单通道阈值分析的手势识别系统[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(06):112-115+178.
 [4] 刘恒, 黄晓钰, 吴朝阳, 谭智强. 手势识别实验系统设计[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(03):92-97.
 [5] 邢海风. 基于学习分析技术的手势计算教学应用. 软件导刊, 2018, 17(6): 1-4.

作者简介：方奕乐 (1977—)，女，河南南阳，硕士研究生，副教授。研究方向：控制系统设计、数据分析、诊断与预测。

基金项目：湖北省一流本科专业建设项目 (2021ZY10)；湖北省一流课程项目 (2022SC03)