

手势识别系统

摘要：本次设计以电容式传感器 FDC2214 为传感模块，以 STM32 为控制单元，实现了对手势的学习与快速判断。在 1 秒内准确识别猜拳时的手势“石头”、“剪刀”和“布”和划拳时的手势“一”、“二”、“三”、“四”和“五”。当系统处于训练模式时，能够对不同手势进行有效采样，并在判决模式进行准确判断。附加功能是把电容极板拓展为简易的电容触屏板，能够通过手势转换工作模式。本系统能够在较短时间内准确地识别手势，人机交互良好，较好地完成了题目要求。

关键词：STM32；FDC2214；手势识别；KNN 算法

一、方案比较与论述

1.1 处理器方案选择

方案一：STM32F103C8T6。STM32F103 是意法半导体公司推出的 32 位 ARM 微控制器，最高工作频率是 72MHz，该控制器开发简单，拥有丰富的函数库。

方案二：MSP430f5529。MSP430f5529 的主要优点包括超低功耗，丰富的寻址方式，简洁的内核指令以及大量的模拟指令，同样能够进行快速大量浮点运算。

方案确定：进行手势识别需要快速地处理信息，稳定地保存大量数据，以及承受算法所需要的浮点运算速度，两种方案都能满足要求，考虑到系统对于低功耗要求不高，并且 STM32F103C8T6 配备了丰富的固件函数库，编程效率更高，因此选择方案一。

1.2 传感器排布方式

方案一：矩形传感器 I、II、III 的电容极板按如图 1 进行排布，利用 fdc2214 的三个通道对三块电容极板进行数据采集。

方案二：扇形传感器 I、II、III、IV 分别用于区分大拇指、食指、中指和无名指。电容极板按如图 2 进行排布。

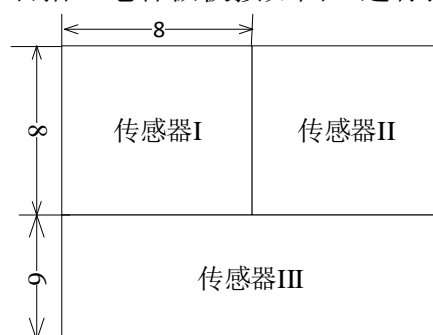


图 1 方案一传感器分布图

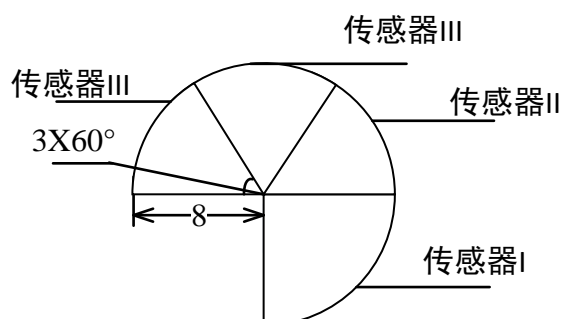


图 2 方案二传感器分布图

方案确定：传感器谐振频率与待测物体在电容极板上方的投影面积以及它与电容极板的间距相关。传感平面的面积越大、手势与传感平面的距离越小，感应的频率变化越大，同时通过去噪可以消除引入增多的噪声。测试发现方案二传感器面积较小，及时手指落在对应扇形区域也不能发生显著变化。方案一省去了一个传感器，减少了参数的数量但是化简了电路结构，运算也大大简化，测试发现方案二传感器数据变化显著，三个传感器足够描述手势特征，因此选择方案一。

1.3 方案总体描述

STM32F103C8T6 作为核心处理器，fdc2214 多通道获取电容传感器信息，通过多种滤波算法消除噪音，使用 KNN 算法对数据进行处理从而得到判断手势。

二、理论分析与论证

2.1 基于滤波算法的去噪方法

2.1.1 加权均值滤波法

由 FDC2214 传感器采样周期较短，信号变化迅速，开始检测时会振荡，因此给予新采样值较大的权系数。

2.1.2 限幅滤波法

由于环境存在噪音，使信号变化超出正常幅度，因此设置变化阈值，当信号变化超出阈值时，舍弃此次采样值。

2.2 基于 KNN 算法的分类方法

KNN 算法是分类算法中最简单有效的方法，时间复杂度为 $O(n)$ 。通过计算手势参数 $\varphi(x, y, z)$ 与 $\theta(x, y, z)$ 间欧氏距离，

$$d(\varphi, \theta) = \sqrt{\sum_{k=1}^n [(x_{\varphi} - x_{\theta})^2 + (y_{\varphi} - y_{\theta})^2 + (z_{\varphi} - z_{\theta})^2]} \quad (1)$$

然后将距离进行排序，得到最小的那个元素分类就是目标变量分类。

通过 matlab 仿真后得到数据分布结果，如图 3 所示：

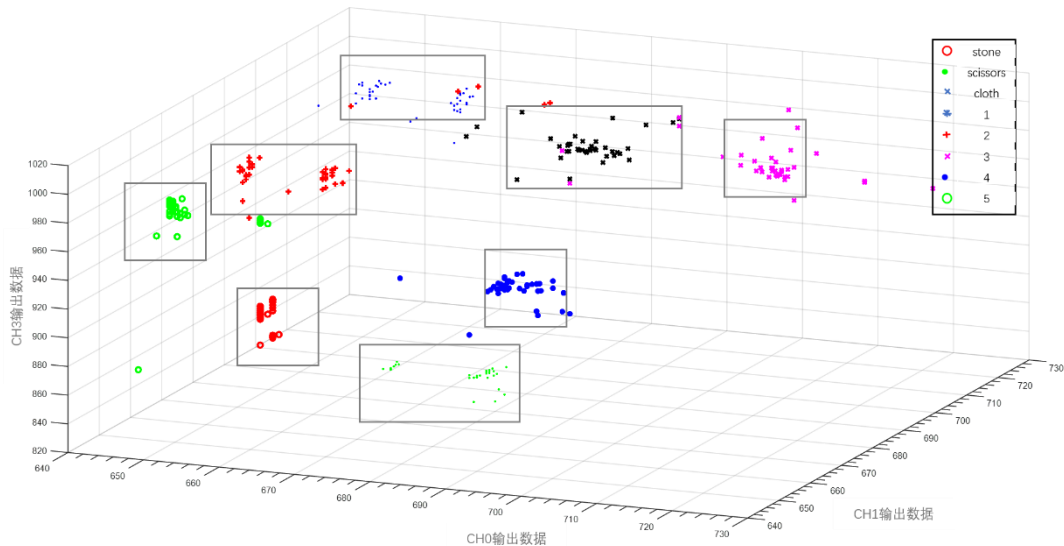


图 3 手势数据空间分布图

手势“布”和手势“五”、手势“拳头”和手势“一”分布较近，系统识别时容易混淆，犯错概率较大。手势“二”、“三”、“四”与其它手势相距较远，区分度较高。而两组类似手势的主要区别在于大拇指的屈伸状态，因此增大了手掌下方的传感器 I 的面积，提高对大拇指变化的敏感度，增强不同手势间的区分度。

三、电路与程序设计

3.1 电路设计

3.1.1 振荡电路

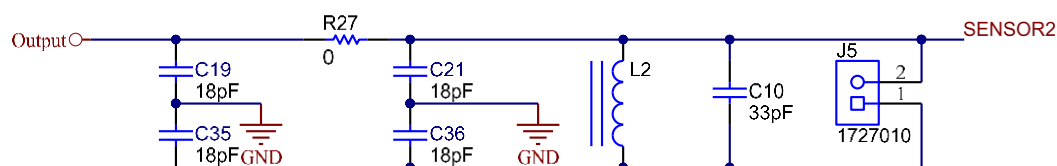


图 4 FDC2214 传感器电路图 CMH322522-180KL

L_2 与 C_{10} 形成 LC 谐振器， C_{10} 与 $SENSOR2$ 并联，当两个极板间的电容发生变化时， C_{10} 等效电容随之变化，产生对应频率的振荡波。通过 AD 转换输出

$$DATA_x = \frac{f_{SENSORx} * 2^{28}}{f_{REFx}} \quad (2)$$

3.1.2 FDC2214 电路

FDC2214 控制电路由前端谐振电路驱动器和一个放大器组成，打开通道后连接到测量和模数转换处理器内核。如图 4 和图 5 所示。

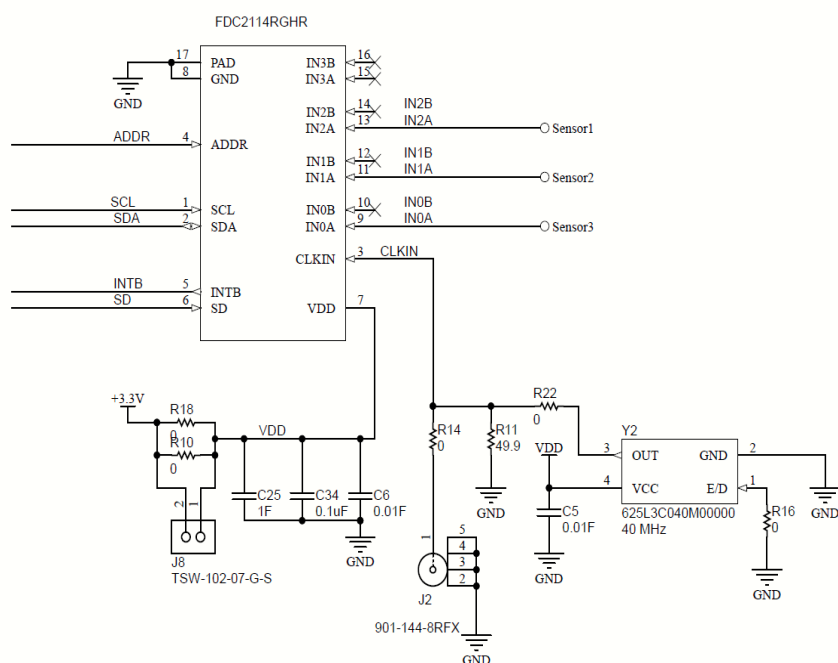


图 5 FDC2214 电路图

3. 1. 3 STM32 控制电路

STM32 控制电路主要由晶振电路和外围控制电路组成，包含 64K 字节的闪存存储器，112 个 IO 口，2 个输入按键，2 个 I2C 接口，3 个 USART 接口。STM32 控制电路通过 IIC 与 FDC2214 进行通信，并调整 FDC2214 的工作状态。

3. 2 程序设计

3. 2. 1 基于 KNN 算法的手势识别

传感器 I、II、III 收集的数据经过 AD 转换后，三个参数描述的手势被系统视为三维空间中离散的点。每个点所代表的手势就是该点所属的类。通过比较新录入的点与系统自带的标准手势库中各点的欧氏距离，比较该点与其它点的相似关系，相似程度较高的点所代表的手势就是该点所属的类。出现频率较高的类就是新录入的点所属的类。

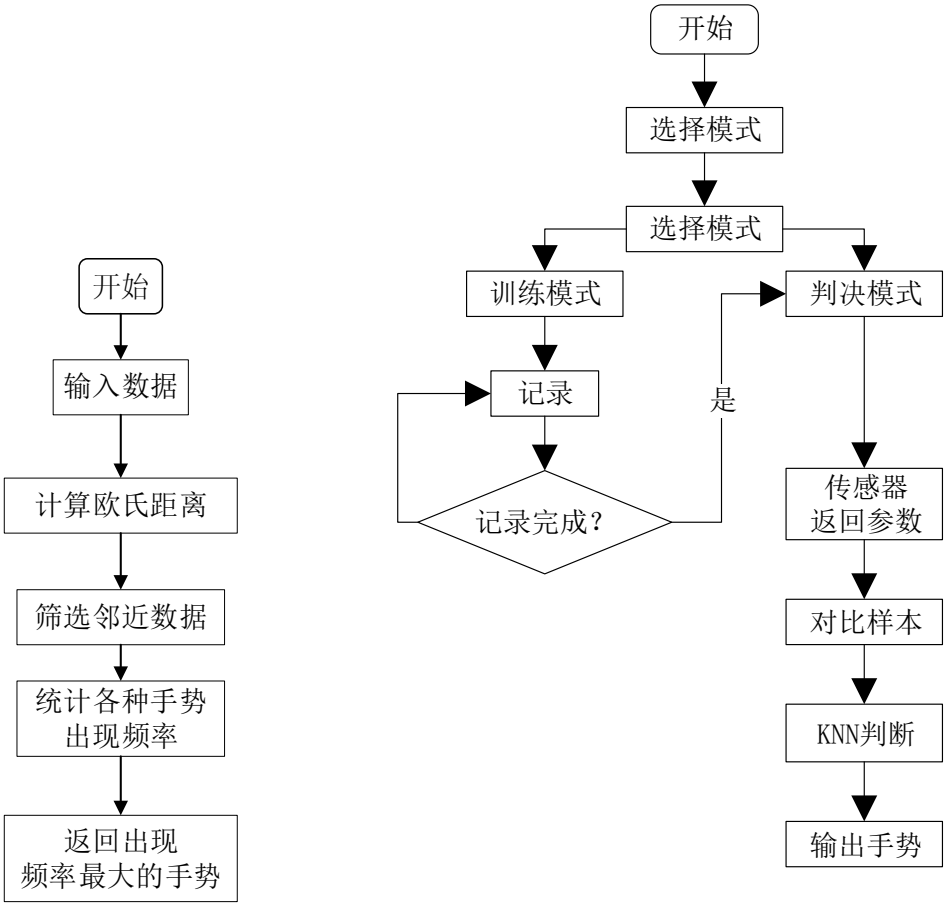


图 6 基于 KNN 算法的手势识别

图 7 程序主流程图

3. 2. 2 总体程序流程图

在系统上电之后，程序首先对各个功能模块进行开机初始化，初始化后系统信息通过液晶屏显示。功能模式可根据按键操作。设置模式之后，传感模块开始记录或者判决，判决结果将通过液晶屏实时显示。

四、测量结果及评估

4.1 测试条件

在弱电磁环境，室温，安静的环境下进行本次实验的测量。

4.2 测试方案及测试结果

4.2.1 测试方案

基本功能 1：在判决模式下进行猜拳判决，观察实验结果。

基本功能 2：在判决模式下进行划拳判决，观察实验结果。

基本功能 3：在训练模式下进行 3 次、1 分钟以内的猜拳的手势训练，然后进行猜拳判决，观察实验结果。

基本功能 4：在训练模式下进行 3 次、1 分钟以内的划拳的手势训练，然后进行划拳判决，观察实验结果。

其他：双手从电容板上划过，观察实验现象。

4.2.2 测试结果

表 1 基本功能要求 1 测试结果数据

实验次数 \ 手势	剪刀	石头	布
1	正确	正确	正确
2	正确	正确	正确
3	正确	正确	正确

表 2 基本功能要求 2 测试结果数据

实验次数 \ 手势	一	二	三	四	五
1	正确	正确	正确	正确	正确
2	正确	正确	正确	正确	正确
3	正确	正确	正确	正确	正确

表 3 基本功能要求 3 测试结果数据

实验次数 \ 手势	剪刀	石头	布
1	正确	正确	正确
2	正确	正确	正确
3	正确	正确	正确

表 4 基本功能要求 4 测试结果数据

实验次数 \ 手势	一	二	三	四	五
1	正确	正确	正确	正确	正确
2	正确	正确	正确	错误	正确
3	正确	正确	正确	正确	正确

表 5 其余功能要求测试结果数据

滑动前的模式	滑动后的模式
训练	判决
判决	训练

4.3 测试结果分析

本系统完成了所有基本功能，各项指标均达到题目要求。对于基础功能要求，系统能连续地对猜拳和划拳的手势进行准确识别。在训练模式下，考虑到不同测试对象的手的生理特征相差较大，错误率被控制在 5%以内。对于其它功能要求，还尝试了触摸控制的功能，单手滑动来实现模式转换。本系统能快速、准确完成基本功能以及发挥要求。

五、系统总结

本套系统采 FDC2214 作为处理核心，通过电容传感器读取电容极板间电容变化，由 STM32F103C8T6 进行一系列数字信号处理后获得手势的准确状态，很好的完成了题目对手势识别、手势学习的要求，达到了基本指标。增加了触屏转换增强了装置的实用性与人机交互体验。为了提高识别的准确性，同时采用了聚类算法和滤波算法，显著提高了手势识别的准确率和可靠程度，完成了题目所有基本要求和发挥要求，

附录

附图 1 STM32 控制电路原理图

