

平行板电容器容值影响因素探究*

张媛 李廷阳 万盈 荣傲华 吉向东

(湖北文理学院物理与电子工程学院 湖北 襄阳 441053)

(收稿日期:2021-02-05)

摘要:基于相关物理原理探究了平行板电容器电容值与极板间距离 d 和正对面积 S 的关系以及各种主要影响因素对电容值的影响,并制作出了以 STM32F103RCT6 为主控单元、FDC2214 电容式传感器为采集单元、以 OLED 屏幕为显示单元的实验验证装置.在验证过程中使用 FDC2214 电容式传感器采集数据,通过实验数据判断各因素对极板间电容值的影响.

关键词:电容式传感器 影响因素 FDC2214

1 实验理论依据

本文是基于相关物理原理探究极板间距离 d 以及极板正对面积 S 对平行板电容器电容值的影响.研究发现当平行板电容器的两极板间充满同一种介质时,电容值 C 与极板的正对面积 S 、极板距离 d 的关系基本符合理论公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ (ϵ 为相对介电常数, $\epsilon = 2.5$; k 为静电力常量, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$).因此,通过改变极板间距离 d 以及极板的正对面积 S ,测极板间电容值变化即可验证该实验目的.

2 实验方案流程

实验通过控制变量法对平行板电容器电容值 C 的两个影响因素进行研究,分别从极板间距离 d 、正对面积 S 两个方面进行验证.该实验将分别改变极板间距离 d 以及极板正对面积 S ,由 FDC2214 电容式传感器采集极板间数据,通过 STM32F103RCT6 核心板对其数据进行处理,得出结果后将数据显示在 OLED 上.具体实验流程图如图 1 所示.

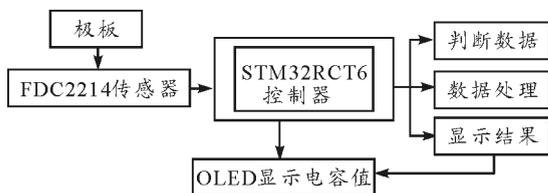


图1 实验流程

3 实验装置设计

为验证平行板电容器电容值 C 与极板间距离 d 和正对面积 S 的关系,设计并制作验证装置,其组成如图 2 所示.两块平行极板(极板 A 和极板 B)分别通过导线 a 和导线 b 连接到测量显示电路,装置可测量并显示置于极板 A 与极板 B 之间的频率测量值 (f_{SENSOR}).

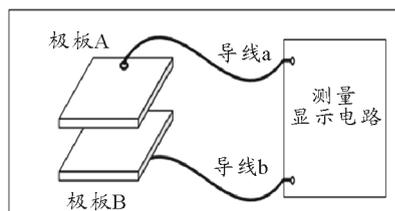


图2 实验装置总体组成图

4 装置各组成部分方案选择

(1) 微处理器选择:验证实验选用 ST 公司 ARM Cortex-M3 架构内核的 STM32F103RCT6 单片机作为微处理器,该单片机专为要求高性能、低成本、低功耗嵌入式应用而设计,内置 128K Flash 和 20KB ROM,含有 12 位 ADC,4 个 16 位定时器和 3 路 USART 通信等多种资源,其时钟频率最高可达 72 MHz,是同类型产品中性价比最高的产品.

(2) 传感器的选择:验证实验选用 FDC2214 电容式传感器作为采集模块,FDC2214 电容式传感器

* 2020 年湖北省大学生创新创业训练项目资助,项目编号: X202010519054

作者简介:张媛(2000-),女,本科,研究方向为嵌入式应用开发.

通讯作者:吉向东(1972-),男,硕士,副教授,研究方向为软件工程、人工智能.

作为一款低功耗、低成本且高分辨率的传感器,适用于接近检测、手势识别和远程液位感测等领域.该传感器是基于LC谐振电路原理的一个电容检测传感器.使用过程中,在芯片检测通道的输入端连接一个电感和电容,组成LC谐振电路,被测电容传感端与LC电路相连接,经FDC2214电容式传感器直接传递数据给单片机.

5 实验内容

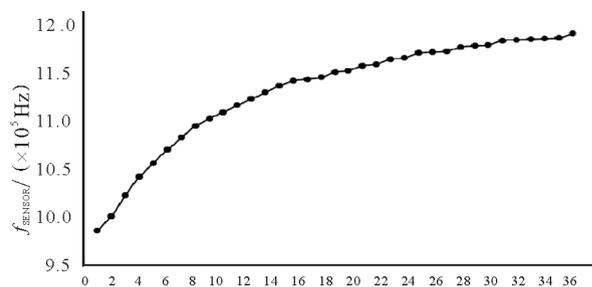
由理论公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 出发,已知板间距离 d 逐渐增大时,平行板电容器的电容值逐渐变小;正对面积 S 逐渐增大时,平行板电容器的电容值逐渐增大.因此为验证该结果,通过FDC2214电容式传感器设计如下内容进行实验:

(1) 改变板间距离 d

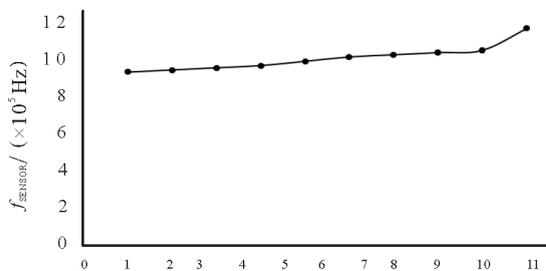
由于极板的间距改变时不宜过大,因此通过向两极板间塞入A4纸,来改变极板间距离 d ,观察FDC2214电容式传感器采集的数值,画出其变化曲线如图3(a)所示.

(2) 改变正对面积 S

通过向两极板间塞入数量相同的A4纸(此时取10张A4纸放入),保证其极板间距离 d 不变,定量改变极板间正对面积,观察FDC2214电容式传感器采集的数值,画出其变化曲线如图3(b)所示.



(a) 采得数据曲线



(b) 采得数据曲线

图3 FDC2214频率测量值(f_{SENSOR})

6 实验结果分析

实验结束后,以板间距离 d 对平行板电容器电容值的影响为例进行分析,FDC2214电容式传感器每个通道的数字化输出是成比例的,其值与频率测量值(f_{SENSOR})的比值相关.当纸张放入两极板之间时,FDC2214芯片内部发生简谐变化产生一个谐振频率^[2].频率值变化曲线如图3所示,该数据可以通过 $C_{\text{SENSOR}} = \frac{1}{L(2\pi f_{\text{SENSOR}})^2} - C$ (其中 $L = 18 \text{ mH}$, $C = 33 \text{ pF}$) 转化为等效电容值^[3].由图3曲线可得,当平行板间距离 d 逐渐增大时,采得的频率测量值(f_{SENSOR})逐渐增大,等效电容值逐渐减小;当平行板间正对面积 S 逐渐增大时,采得的频率测量值(f_{SENSOR})逐渐增大,等效电容值逐渐增大.该装置改变两种影响因素的电容值变化规律符合理论公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$.

7 总结

本实验通过FDC2214电容式传感器探究了不同因素对平行板电容器电容值的影响,当改变平行板间距离 d 时,随着距离增大,频率测量值(f_{SENSOR})逐渐增大,电容值逐渐减小;当其平行极板间距离 d 不变时,随着正对面积 S 的增大,频率测量值(f_{SENSOR})增大,电容值逐渐增大.实验数据符合理论公式推导关系.实验装置效果图如图4所示,其制作简单,实验现象清晰明了,适用于教学演示,可广泛推广.

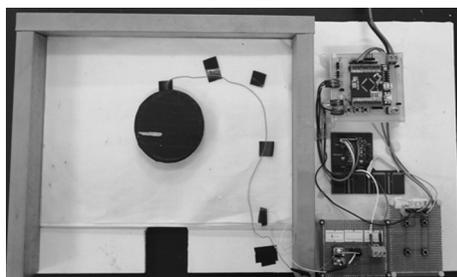


图4 实物效果图

参考文献

- 曹铁岭,鲁建全.平行板电容器电容公式的推导[J].中学物理,2011,29(3):25~26
- 杨东兴,刘春侠.基于FDC2214分段线性回归纸张识别装置的设计[J].科技创新与应用,2020(31):84~86
- 郭霞,谭亚丽,申森.基于FDC2214的手势识别系统[J].传感器与微系统,2018,37(12):90~92