

基于 FDC2214 分段线性回归纸张识别装置的设计

杨东兴,刘春侠*

(防灾科技学院 电子科学与控制工程学院,河北 廊坊 065200)

摘要:针对传统纸张计数无法达到精准、无损、高效识别纸张数目的不足,设计了一款基于 FDC2214 分段线性回归纸张识别装置。该装置采用平行板电容法原理,以 STM32F103C8T6 为主控单元、FDC2214 电容传感器和金属板作为数据采集单元、以 OLED 屏幕作为显示单元。通过数据采集单元对电容值进行采集,在 MCU 里利用分段式回归算法进行运算实现训练、识别。同时引入简单机器学习算法进一步提高了整个装置的稳定性和准确性。在数据处理时用卡尔曼滤波、温度补偿等算法进行误差补偿,提高了整个装置抗干扰能力。该装置在训练模式下对纸张数目进行学习并对数据储存,然后在测试模式下经过算法运算、数据比对从而准确输出纸张数目。经过实验证明,该装置能够达到准确、稳定、高效地输出纸张数目。

关键词:分段线性回归算法;FDC2214;纸张识别;电容采集;卡尔曼滤波算法;温度补偿;机器学习

中图分类号:TP181

文献标志码:A

文章编号:2095-2945(2020)31-0084-03

Abstract: Aiming at the situation that the shortage of traditional paper counting can not achieve accurate, lossless and efficient identification of paper number, a paper identification device based on FDC2214 piecewise linear regression is designed. The device adopts the principle of parallel plate capacitance method, with STM32F103C8T6 as the main control unit, FDC2214 capacitance sensor and metal plate as the data acquisition unit, and OLED screen as the display unit. The capacitance value is collected by the data acquisition unit, and the training and recognition are realized in MCU by using the subsection regression algorithm. At the same time, a simple machine learning algorithm is introduced to further improve the stability and accuracy of the whole device. In data processing, Kalman filter, temperature compensation and other algorithms are used for error compensation, which improves the anti-interference ability of the whole device. The device learns the number of paper and stores the data in the training mode, and then outputs the number of paper accurately through algorithm operation and data comparison in the test mode. The experiments show that the device can output the number of paper accurately, stably and efficiently.

Keywords: piecewise linear regression algorithm; FDC2214; paper identification; capacitance acquisition; Kalman filter algorithm; temperature compensation; machine learning

引言

随着经济和工业的快速发展,印刷、造纸行业对纸张计数也提出了更高的要求,精准识别纸张数目就显得尤为重要。纸张计数经历从最开始的人工计数到现在机械微控制计数。人工计数相对来说效率低、出错率高,而机械微控制计数在计数的过程中可能会对纸张产生影响,造成纸张磨损等情况。当前验钞机就是机械微控制计数,在点钞的时候会对纸张有磨损,甚至可能出现损伤纸张的情况。为了完善以上不足,设计出一款高效、准确、稳定的纸张识别装置更符合现代潮流趋势。本设计采用平行板电容法,通过改变放入两极板中不同纸张会引起电容值改变的原理,设计出新的纸张识别装置。该装置可以用在银行识别钞票数目、造纸厂识别纸张数目等方面。

1 系统工作原理

本装置采用平行板电容器法来进行测量:用两片金属片(50mm*50mm)作为信号采集的直接装置,中间放入纸张进行测量。实验原理通过 $C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{H}$ (H 为极板间距, S 为极板有效面积, ϵ 为空气相对介电常数, C_0 为实测电容

值, ϵ_0 为真空介电常数),在控制变量法的原则下,当插入纸张数量不同,会引起两极板间的介电常数 ϵ 会发生改变,从而得到的电容值的改变。用 FDC2214 电容数字转化芯片作为信号采集的处理芯片,将实际电容值等效成一个高精度的数字电容值。当纸张放到两极板之间后,在 FDC2214 芯片内部发生简谐变化产生一个谐振频率,通过计算将频率转化成一个等效电容值。

$$DATA_x = \frac{f_{SENSOR_x} \times 12^{28}}{f_{REF}}$$

($DATA_x$:计算出的值, f_{SENSOR_x} :传感器得到的值, f_{REF} :单片机提供参考频率)

2 系统硬件设计

2.1 系统整体设计

在构建整个系统时,既要考虑到外界强电场、含铁物质对该系统的影响又要兼顾该系统的可行性和独特性。硬件机械装置采用亚克力板和 3D 打印模型为主材料,下面是硬件机械装置立体图如图 1 所示。硬件电路主要有以下部分构成:主控单元、信号采集单元、输出显示单元、操作单元,使用 5V 直流电源供电。系统结构框架图如图 2 所示。

* 通讯作者:刘春侠(1980-),女,硕士,讲师,研究方向:通信技术和传感器技术的研究及电子科学与控制工程通信工程专业的教学。



图 1 硬件机械装置图

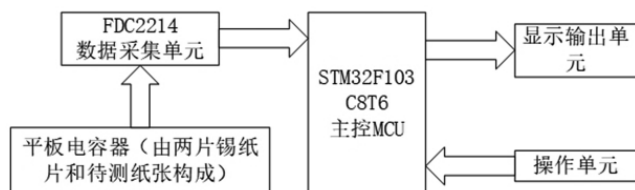


图 2 系统结构框架图

2.2 主控 MCU 的选择

本装置主控 MCU 选择 STM32F103C8T6 的 32 位单片机, 最高主频能达到 72MHz, 片内有 128K 的 Flash 和 20KB 的 ROM, 支持多种协议, 内置资源丰富, 具有低功耗、高性能、低成本完全适合本产品。

2.3 信号采集单元

信号采集单元由 FDC2214 电容数字转换芯片、两片 (50mm*50mm) 的锡纸片和 SHT30 传感器组成。

FDC2214 电容数字转换芯片低功耗、高分辨率,多通道,采用 EMI 架构具有抗电磁干扰,即在高噪声环境中也能维持性能的不变。FDC2214 传感器电路设计图如图 3 所示。

电容器极板采用两片(50mm*50mm)锡纸片,经过实验对比锡纸片比铁片、铜片实验效果更好一点,电容变化的范围大,易于后期实验数据的处理。

SHT30 传感器是一个高精度数字温湿度传感器,具有很高的可靠性和长期稳定性,响应迅速,抗干扰能力强。该传感器在本系统中进行温度补偿,减小误差的影响,提高

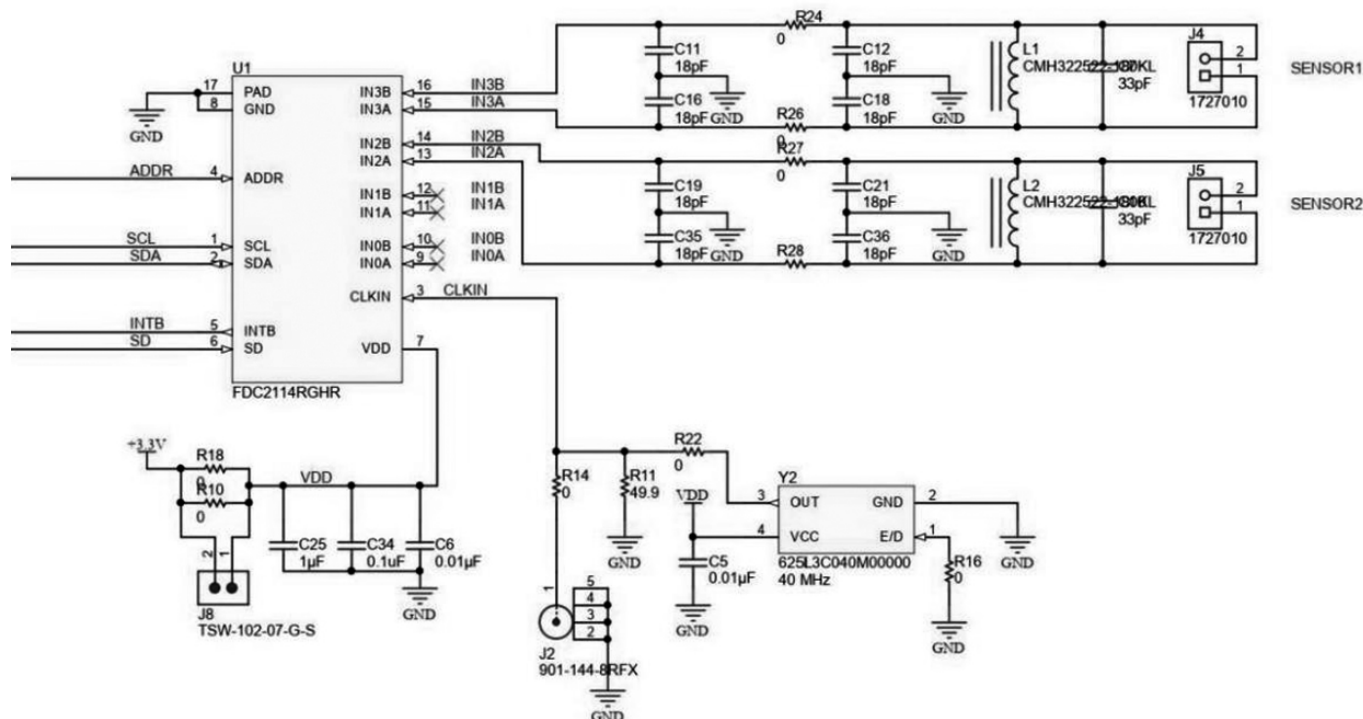


图 3 FDC2214 传感器电路设计图

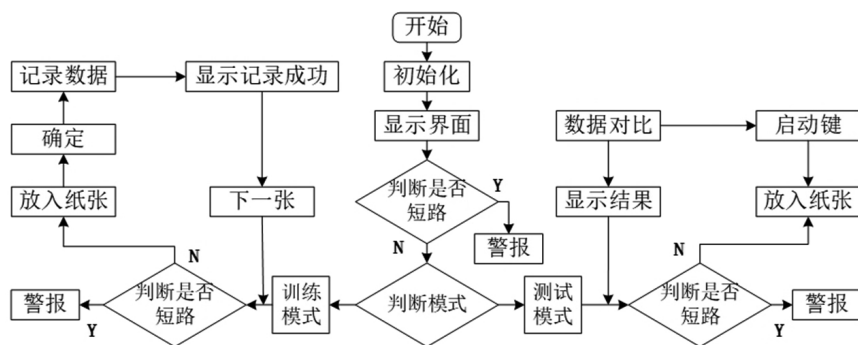


图 4 系统流程图

整个装置的精度。

3 系统软件设计

3.1 实现功能

本装置为纸张识别装置,通过 FDC2214 电容数字转化芯片和平行板电容器收集到电容值变化情况,进行纸张识别。在本系统中有两个模式:训练模式和测试模式。在训练模式下,对不同纸张进行数据收集并记录。训练分为 1-10 张浅度训练、11-20 张中度训练、20-30 张深度训练,总的训练时间不超过 4 分钟。在测试模式下,放入纸张进行测试,按下启动键后,蜂鸣器响后,屏幕准确显示纸张数目,整个过程不超过 2 秒。

3.2 实现算法

本系统使用的算法模型是在 MATLAB 软件上通过多组数据进行拟合出来,分阶段进行线性回归拟合方程的算法,这样既提高了输出结果的准确率,又改进了单纯查表法的一些弊端,进一步提高了整个系统的稳定性。

3.3 系统流程

如图 4 所示是整个系统工作流程。

在使用前确定周围环境尽量避开强电场,这样降低环境中的干扰因素。在开机后,系统各项进行初始化后显示开机界面,接着系统会判断是否两极板接触短路,短路会报警蜂鸣器响起、屏幕提示。之后系统自校准进入训练模式,进行对纸张的训练,训练纸张一般为 1-20 张纸,训练结束后,数据集进行保存到 MCU 里。在自校准结束后,整个系统正常工作,可以开始正常测试。

3.4 数据处理

3.4.1 引入机器学习算法

在系统主要数据处理时时分为两种模式:训练模式和测试模式,第一次使用需要在训练模式下进行 1-20 张纸的训练,训练后的数据集保存到 MCU 里,每次训练都会产生新的数据集。在测试模式下会对测试结果进行抽样,把抽样值经过算法处理判断是否记录到新数据集里,进一步补充数据集的完整性,提高了本系统在工作环境中的准确性。

3.4.2 引入温度补偿算法

本装置采用平板电容器电容法的原理进行纸张测量,在测量时外界环境会对实验数据采集时有影响,为了降低温湿度变化带来的影响,本系统中引入温度补偿算法。

$$H(x)=A(f_1(x))+B(f_2(x))+C$$

$H(x)$:输出温度补偿值; $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$:传递温、湿度函数值; A 、 B :温、湿度补偿系数; C :系统误差。

当温湿度变化大时,会直接影响后期处理的结果,所以在不同温湿度下进行补偿,进一步提高系统输出的准确率。

本系统中,数据集最大是 15 组,在训练模式下的数据集会一直保存,若其他数据集大于 14 组,数据集会进一步更新。若超过训练纸张数目,根据算法会进行判别记录数据集,同时显示输出结果。采集数据处理图如图 5 所示。

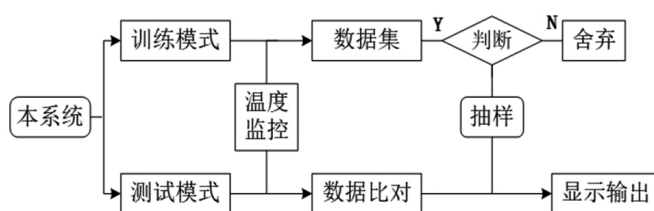


图 5 采集数据处理图

3.4.3 数据误差处理

本装置对输入信号的质量要求很高,在采集装置到 FDC2214 采用时分复用两路信号进行采集,在不同时刻进行数据采集通过一阶平滑滤波处理后,这样间接消除单通道偶然因素影响,再通过卡尔曼滤波算法进一步消除系统中的噪声和干扰,这样处理后的数据可信度更高。数据误差处理框图如图 6 所示。

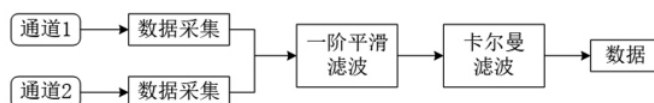


图 6 数据误差处理图

3.5 实验结果

经过测试,在 1-50 张纸的正确率为 99.75%,在 51-80 张纸的正确率为 98.62%,在 81-150 张纸的正确率为 95.89%。下面表 1 展示出测试 1-18 张纸的数据变化,其中检测电容值是通过系统处理后的值。实验中测 1-18 张纸的数据如表 1 所示。

表 1 1-18 张数据表

纸张数量	1	2	3	4	5	6	7	8	9
检测电容值	30.2	26.7	25.4	23.2	22	20.7	19.1	18	17.1
跳变范围	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
纸张数量	10	11	12	13	14	15	16	17	18
检测电容值	16.3	15.5	14	14.3	13.8	13.3	12.6	11.1	10.3
跳变范围	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4

4 结束语

本文提出基于 FDC2214 分段线性回归纸张识别装置设计,该装置实现了纸张精准计数、快速识别、操作简单,测量过程中不损伤纸张等特点,解决了人工计数效率低、出错率大,机械计数对纸张磨损等问题。该装置具有精度高、有制作成本低、操作简单、低功耗等特点,有望在银行、印刷业能够广泛应用。

参考文献:

- [1]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.
- [2]张辉,卜雯意,施豪.基于 FDC2214 电容传感器的手势识别装置的设计与实现[J].巢湖学院学报,2018,20(06):84-90.
- [3]彭丁聪.卡尔曼滤波的基本原理及应用[J].软件导刊,2009,8(11):32-34.
- [4]王珏,石统一.机器学习研究[J].广西师范大学学报(自然科学版),2003(02):1-15.