

纸张计数显示实验装置的研制

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.06.010

张玉叶

咸阳师范学院
物理与电子工程学院
陕西 咸阳 712000

摘要: 针对纸张计数问题,采用555芯片构成多谐振荡器,设计一种纸张计数显示实验装置。将待测纸张的极板电容转换为脉冲频率,再将脉冲频率送到STC89C52单片机进行处理,用拟合函数得到待测纸张数,最后,通过LCD1602显示纸张数。实验结果表明:本纸张计数显示实验装置能实现自校准、短路报警、检测纸张数等功能,能检测30页以内的纸张数,误差控制在1张以内。

关键词: 纸张计数; STC89C52单片机; 555芯片; 电容; LCD1602

中图分类号: TP212; TP332 **文献标志码:** A

文章编号: 1674-7100(2020)06-0075-05

引文格式: 张玉叶. 纸张计数显示实验装置的研制[J]. 包装学报, 2020, 12(6): 75-79.

0 引言

纸张是人们的生活必需品之一,广泛应用于包装、印刷、文具等领域。纸张计数成为了造纸、包装、印刷等行业中的生产环节之一,因而快速准确的纸张计数方法能有效提高这些行业的生产效率。传统的纸张计数是靠机械方式实现,存在诸多问题,如易损坏产品、计数效率低、噪声大等^[1]。近些年,不少学者采用图像处理方法对纸张进行计数,即先用摄像机拍摄层叠纸张侧面,再利用计算机对图像进行处理,得到纸张边缘条纹,最后计算边缘条纹数即得纸张数。但这些方法对所拍摄的图像质量要求较高,算法运行时间较长^[2-4]。

综上所述,本设计拟采用555芯片构成多谐振荡器,先将纸张数的变化转化为电容容量的变化,再将电容容量的变化转换为频率的变化,最后通过单片机检测频率的变化,计算纸张数。本设计的优点是利用多谐振荡器原理^[5]测量电容,硬件设计较容易实现,

装置功耗、成本低,可靠性强。

1 设计方案

本纸张计数系统是对夹持在两个覆铜板间的标准纸张进行计数。其具体设计要求如下:1) 双面板只能一面覆铜,一块极板只能连接一根导线。2) 本装置能实现3个功能,即短路报警、自校准、一键检测和报警,校准电路可获得纸张数相关参数,检测时长不超过5s。

根据以上要求,笔者对采用FDC2214电容式传感器或555多谐振荡器的纸张计数系统设计方案进行了分析。

1) 电容式传感器采用FDC2214电容数字转换器^[6]。电容式感测技术是一种低功耗、低成本、高分辨率的非接触式感测技术,适用于大部分检测领域。影响电容式传感器灵敏度的主要因素是噪声敏感性。FDC2214采用抗电磁干扰(electromagnetic interference, EMI)架构,即使在高噪声环境中也能

收稿日期: 2020-04-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11605147), 咸阳师范学院科研基金资助项目(XSYK19049), 咸阳师范学院大学生创新创业训练计划项目(S202010722003)

作者简介: 张玉叶(1979-), 女, 陕西礼泉人, 咸阳师范学院副教授, 主要从事电子技术及其应用方面的研究,
E-mail: lele98412@126.com

维持性能不变。

2) 电路采用 555 芯片构成的多谐振荡器。555 芯片成本低, 性能可靠。多谐振荡器是利用深度正反馈, 通过阻容耦合使两个电子器件交替导通与截止, 从而自激产生方波输出的振荡器。多谐振荡器没有稳态, 只有两个暂稳态。

方案 1 所采用的电容传感器虽然灵敏度高、过载能力强, 但缺点是输出非线性, 寄生电容和分布电容对灵敏度和测量精度的影响较大, 以及联接电路较复杂。方案 2 电路结构简单, 成本低, 线路连接容易, 测量结果的误差在设计要求范围内可控。经过反复论证, 本纸张计数显示实验装置按方案 2 设计, 其主要由平行电容模块、信号采集模块、显示模块等组成, 装置原理框图如图 1 所示。

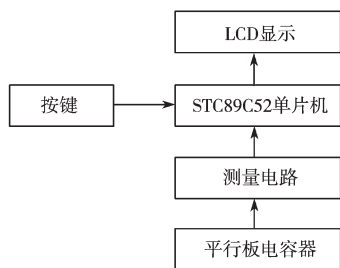


图 1 装置原理框图

Fig. 1 Principle block diagram of the device

STC89C52 单片机^[7]是主控芯片, 用来处理数据。夹在两极板间不同数量的纸张会使极板呈现不同的电容值, 因而可将电容值的差异转化为多谐振荡器输出信号的频率差异。利用 MATLAB 软件对多组数据进行拟合, 以寻找合适的拟合函数^[8-10]作为标准数据拟合函数。测量时, 只需要将所采频率数据与标准数据拟合函数逐一对比, 即可得到纸张数, 这达到了纸张计数的目的。

纸张计数显示实验装置如图 2 所示。极板 A 和极板 B 的金属电极均为边长 (50 ± 1) mm 的正方形, 导线 a 和导线 b 的长度均为 (500 ± 5) mm。本装置简单方便, 成本低, 实验室制备可实现性好。

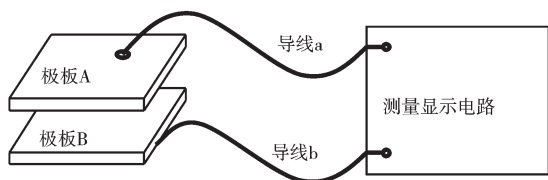


图 2 装置示意图

Fig. 2 Sketch map of the device

2 工作原理和流程

2.1 平行板电容器电容计算原理

平行板电容器是在两个相距很近的平行金属板之间夹上一层绝缘物质即电介质的简单电容器。平行板电容器如图 3 所示。

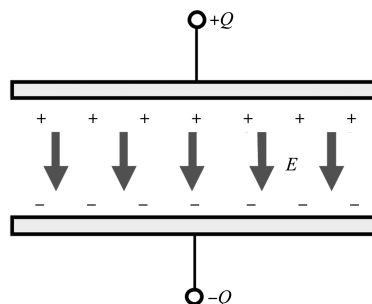


图 3 平行板电容器

Fig. 3 The parallel-plate capacitor

平行板电容器的电容与两板的相对面积 S 、两板间距 d 、电介质有关。电容与两板的相对面积成正比, 与两板间距成反比, 与电介质的相对介电常数 ϵ_r 成正比。电容公式^[11]为

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$$

两板夹紧待测纸张, 待测纸张厚度为两板间距 d 。当 S 和 ϵ_r 保持不变, 电容会随着待测纸张数的变化而发生变化。

2.2 纸张测量电路原理

555 芯片是一种集成电路芯片, 常被用作定时器、脉冲产生器和振荡电路。本系统中的 555 多谐振荡器是一种通过 555 芯片及其简单的外围电路自激产生方波输出的振荡器, 在脉冲波形的产生和变换、测量与控制等方面得到广泛应用。其由 2 个电阻、2 个电容、1 个二极管和 1 个 555 芯片构成, 如图 4 所示。平行板电容器一端接入 555 芯片的 2 号引脚, 另一端接地; 3 号引脚接入单片机的计数器引脚, 其输出为频率; 单片机通过采集的频率以及频率和纸张数的关系式, 得出待测纸张数。

根据图 4 搭建实验电路。测试结果表明: 当 C_1 一定时, R_1 与 R_2 越大, 频率越小; 当 C_1 取值过大, 会导致无法测量纸张数。在仿真电路功能时, 图 4 中 C_1 取 0.01 μF , R_1 、 R_2 为 200 $\text{k}\Omega$ 。两个金属极板间放置不同页数的纸张, 555 芯片输出端会观测到一定频率的方波。电容充电时, 555 芯片输出高电平; 电容放电时, 555 芯片输出低电平。555 芯片引脚 2

电容不断地充电、放电，则引脚3输出方波波形如图5所示。

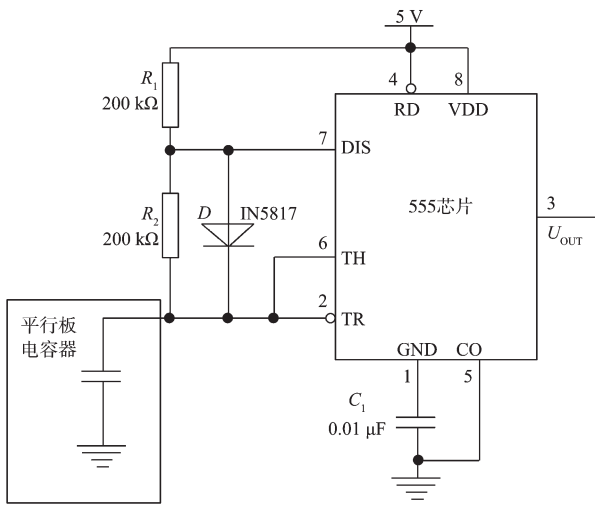


图4 多谐振荡器电路图

Fig. 4 The multivibrator circuit diagram

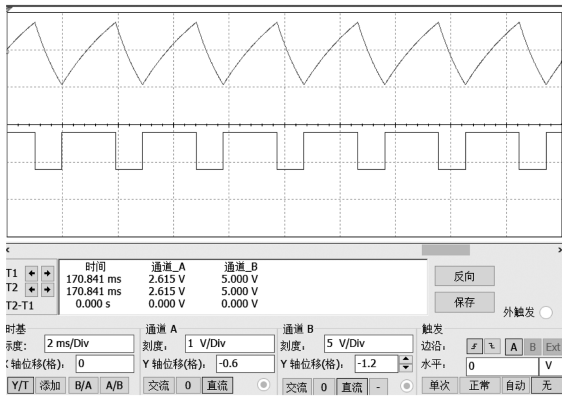


图5 多谐振荡器仿真图

Fig. 5 The multivibrator simulation diagram

3 实验部分

3.1 工作流程

当纸张计数显示装置通电后，LCD1602液晶显示器显示开机界面。检测纸张前，本实验装置先判断是否需要自校准和两极板间是否短路。自校准是对置于两极板间不同数量的纸张进行测量，以获取测量校准信息。若平行板电容器短路，则蜂鸣器报警。若在平行板电容器中放置一定数目待测纸张，则平行板间电介质发生了变化，会产生相应的电容。通过测量电路将电容转换成对应的频率，最后通过单片机计算得到待测纸张数目并显示。具体工作流程如图6所示。

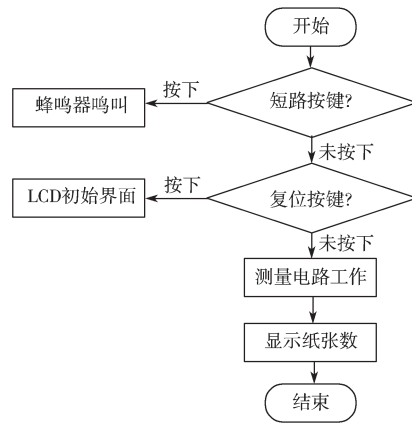


图6 纸张测量装置流程图

Fig. 6 The flow chart of paper sheets measuring device

3.2 计算拟合系数

本实验测试了30组不同数量的纸张。实验时，纸张数与相应的单片机输出频率如表1所示。

表1 纸张数与单片机输出频率对应表

Table 1 A corresponding relation list of paper sheets and the output frequencies

纸张 / 张	频率 / kHz	纸张 / 张	频率 / kHz	纸张 / 张	频率 / kHz
1	10.3	11	46.7	21	62.0
2	17.5	12	48.6	22	63.1
3	19.7	13	50.9	23	63.9
4	24.3	14	52.0	24	65.4
5	29.1	15	54.2	25	66.0
6	32.8	16	55.6	26	67.0
7	36.3	17	56.9	27	67.8
8	39.6	18	58.4	28	68.9
9	42.4	19	59.6	29	69.9
10	44.8	20	61.0	30	71.2

将表1中的数据导入MATLAB软件中进行绘制，并进行分段拟合，得到拟合系数。纸张数与频率的关系如图7所示。将拟合系数写入单片机后，单片机即能实现纸张计数功能。

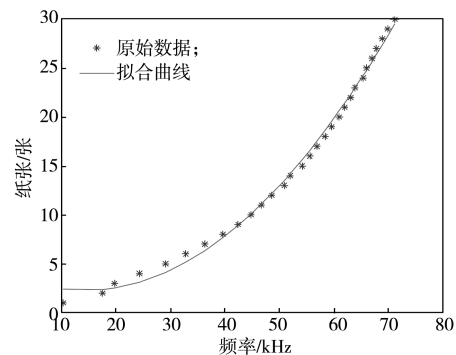


图7 纸张数与频率的关系图

Fig. 7 The relation curve of paper sheets and output frequencies

3.3 实验结果

本纸张计数显示实验装置如图8所示。测试时，外界干扰或者装置本身引起的零点漂移会造成测量误差，因而可以在测量电路上覆盖屏蔽板以减小外界干扰。

本实验装置检测15页以下的纸张数时，测试结果与待测纸张数一致；纸张数在15~30页之间，偶有误差，误差为1，但检测30页以上时，误差不稳定。如果待测纸张的厚度相同，则测量结果准确性较高；如果待测纸张的厚度不一致，则测量误差较大。可见，本实验装置能检测30页以内的纸张数，误差控制在1张以内。

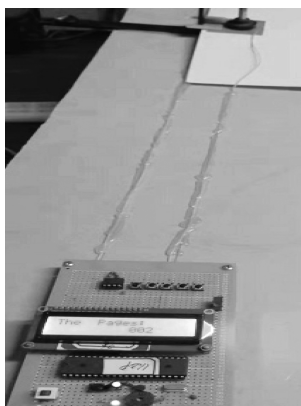


图8 硬件调试图

Fig. 8 The hardware debugging process

4 结语

本实验装置能实现自校准、检测两极板是否短路、测量待测纸张数、启动按键并发出蜂鸣声等功能。测试结果表明：本装置能检测30页以内的纸张数，误差控制在1张以内，而超过30页的纸张数，检测结果误差较大。本装置存在温漂问题，硬件和算法有待进一步改善。

参考文献：

[1] 杨丹君, 龙永红, 陈济球, 等. 基于局部灰度特征的纸张计数算法研究[J]. 包装学报, 2016, 8(4): 24-29.
YANG Danjun, LONG Yonghong, CHEN Jiqu, et al. Research of Paper Counting Algorithm Based on Local Gray Feature[J]. Packaging Journal, 2016, 8(4): 24-29.

[2] 郇帅, 莫长涛. 红外纸张厚度测量中参数选取的模

型研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2017, 33(4): 441-443.

HUAN Shuai, MO Changtao. Study on Parameter Selection of Infrared Paper Thickness Measurement[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition), 2017, 33(4): 441-443.

[3] GANG Z X, SHUO Y, XIAO C Y. A Fast Straight-Line Growing Algorithm for Sheet-Counting with Stacked-Paper Images[M]//Communications in Computer and Information Science. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2014: 418-425.

[4] MA L, TAN T N, WANG Y H, et al. Local Intensity Variation Analysis for Iris Recognition[J]. Pattern Recognition, 2004, 37(6): 1287-1298.

[5] 胡宴如, 耿苏燕. 模拟电子技术基础[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 120-123.

HU Yanru, GENG Suyan. Analog Electronic Technology Basis[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2010: 120-123.

[6] 刘尧, 邱运鹏, 裴成梅, 等. 基于FDC2214电容式传感器的手势识别装置[J]. 电子制作, 2019(10): 13-15.

LIU Yao, QIU Yunpeng, PEI Chengmei, et al. A Gesture Recognition Method Based on FDC2214 Capacitive Sensor[J]. Practical Electronics, 2019(10): 13-15.

[7] 郭文川. MCS-51单片机原理、接口及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 15-17.

GUO Wenchuan. Principle, Interface and Application of MCS-51 Single Chip Microcomputer[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013: 15-17.

[8] 张志涌, 杨祖樱. MATLAB教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2015: 38-40.

ZHANG Zhiyong, YANG Zuying. A Course Book of MATLAB[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2015: 38-40.

[9] 赵立萍, 杨昕卉, 尹龙承, 等. 基于MATLAB大学物理实验数据处理[J]. 中国教育技术装备, 2012(12): 122-124.

ZHAO Liping, YANG Xinhui, YIN Longcheng, et al. Data Processing of College Physics Experiment Based on MATLAB[J]. China Educational Technology & Equipment, 2012(12): 122-124.

[10] 赵锋. 基于Matlab的实验数据处理研究[J]. 机电产品开发与创新, 2012, 25(2): 95-96, 73.

ZHAO Feng. Development of Experiment Data

Processing Based on Matlab[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2012, 25(2): 95-96, 73.

- [11] 宋美杰. 基于 CAV444 的薄膜厚度测量电容传感器设计 [J]. 桂林航天工业学院学报, 2015, 20(4): 471-473.

SONG Meijie. A Capacitive Sensor Design of Thin Film Thickness measurement based on CAV444[J]. Journal of Guilin University of Aerospace Technology, 2015, 20(4): 471-473.

(责任编辑: 邓 彬)

Experimental Study on Paper Counting Display Device

ZHANG Yuye

(College of Physics and Electronics Engineering, Xianyang Normal College, Xianyang Shaanxi 712000, China)

Abstract: Aiming at the current problems in paper counting, an astable multivibrator was constituted by 555 timer, and a paper counting display device was designed. With paper sheets placed between two polar plates, the corresponding capacitance could be transformed to frequency and then the impulse frequency would be sent to STC89C52 and processed by it. Through the operation function of single chip computer, the number of paper sheets could be judged by fitting curve of measured data module. The number of paper sheets could be displayed by LCD 1602. The experimental results showed that the experiment device could realize some functions as self-calibration, short circuit alarming and paper sheets testing and so on. The error could be controlled less than one when the paper sheets were within 30 pages.

Keywords: paper counting; STC89C52 single chip; 555 chip; capacitor; LCD1602