

· 电路与控制 ·

基于 PS021 的微小电容测量模块

戴丽霞, 马铁华, 刘双峰

(中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

摘要:研究了电容式传感器的适配电路. 阐述了微小电容测量电路的应用背景和国内外研究现状, 针对电容式传感器的工作原理确定了适配电路的选择方案. 详细介绍了 PS021 的特性、功能和工作原理. 设计了采用该芯片的微小电容测量模块, 应用系统设计方法, 提高了微小电容的测量精度, 具有良好的应用前景.

关键词:电容; 传感器; PS021; 测试;

中图分类号: TN702

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0054-04

Micro Capacitance Measurement Module Based on PS021

DAI Li-xia, MA Tie-hua, LIU Shuang-feng

(Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement,
Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The adaptive circuit of mercury capacitance acceleration transducer is introduced. The application background of micro capacitance measurement circuits and their development now in our country and foreign countries are described. Aimed at the work principle of mercury capacitance acceleration transducer, the selection of scheme adaptive circuit is established. Therefore, PS021's characteristic, function and principle of work are introduced. The micro capacitance measurement module designed based on PS021 chip by the method of system design can measure micro high precision capacitance, so it has a good application prospect.

Key words: capacitance; transducer; PS021; measurement

电容式传感器广泛应用于工业、民用、商用等领域. 因而, 对电容特别是对微小电容的精确测量是促进应用发展的一个很重要的方面. 目前所采用大部分测量方法集成化水平低、精度低. 如电桥法利用电桥平衡原理测量电容, 测量结果受桥臂电容性能影响较大; 振荡法电路结构简单, 对待测电容在 100 pF 以下时, 板间内电容常会影响测量结果, 抗干扰能力也较差^[1].

选用的 PS021 芯片设计微小电容测量模块, 可以有效地提高测量精度. 尽管该芯片对于温度和电压变化很敏感, 但是通过适当地控制和校准方法可以将通过逻辑门的延迟作为高精度时间间隔测量的基准. 现代化的 CMOS 技术使其单次测量的精确度

最高可达 10 ps(相当于 100 GHz).

1 微小电容测量模块

总体设计原理框图如图 1 所示, 主要有电容式传感器、信号调理电路、电源管理电路、PS021 电容数字转换器、单片机、接口电路几部分组成, 通过上位机(计算机)可以显示测量结果以及保存测试数据^[2].

电路工作原理为: 传感器输出微弱的电容信号, 电容信号通过调理电路, 进入 PS021 电容芯片, 芯片的测量电容测量范围从 0 fF 到几十 nF(无限制); 经过芯片内部转换, 通过对 PS021 内部寄存器

收稿日期: 2009-03-20

作者简介: 戴丽霞(1986-), 女, 山西省运城人, 硕士研究生, 研究方向为动态测试与智能仪器.

的设置,得到需要的值,通过 SPI 接口把数据传送到 PIC 单片机,测得的数据通过单片机异步串行通信接口 USART 送到上位机(计算机),最后由上位机应用程序来显示测量结果。

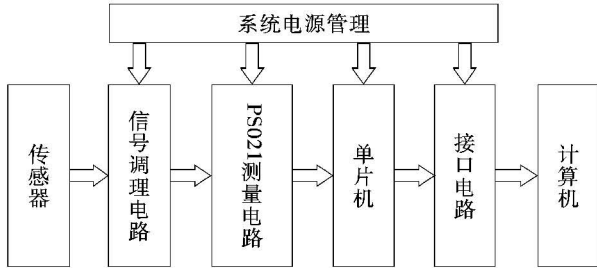


图 1 硬件总体设计框图

2 PS021 简介

PS021 是德国 acam 公司 picostain 系列产品中高新科技的代表,应用了一种新的数字化测量概念.这种新概念是基于 TDC 芯片技术(Timer-to-Digital Converter,时间数字转换器,简称 TDC)而产生的,

使之成为一种完全集成的超低功耗、超高精度测量芯片.采用时间数字转换的测量原理,为模块设计提供了非常高的测量灵活性,并使整个系统的电流消耗包括传感器在内可以被降低到 $100\ \mu\text{A}$ 以下.测量的精度可以与高端 24 位数模转换器相媲美,在高测量刷新率的情况下,比之精度更高.芯片可以通过 SPI 兼容的串行口,与单片机或 DSP 进行通信。

2.1 PS021 特性和内部结构图

基于 CMOS 技术的数字化测量原理的 PS021 芯片,具有的典型特征包括:高温稳定性;低增益误差 ($< 1\ \text{ppm/K}$);低 offset 漂移;无补偿时最多可接 4 对电容、有补偿时最多可接 1 对电容;在 10 Hz 和 500 aF 有效精度情况下,超低电流消耗:最低 $10\ \mu\text{A}$ (包括传感器)。

主要性能指标^[3]:供电电压:1.8~3.6 V;工作温度范围: $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$; I/O 和传感器供电电压范围:1.8~5.5 V;电容测量范围:从 0 fF 到几十 nF (无限制);QFN48/QFP48 封装(尺寸 $7 \times 7\ \text{mm}^2$);可编程精度:最高 6 aF 有效精度;高测量刷新率:高精度模式下最高达到 50 kHz;

PS021 的内部结构图如图 2 所示。

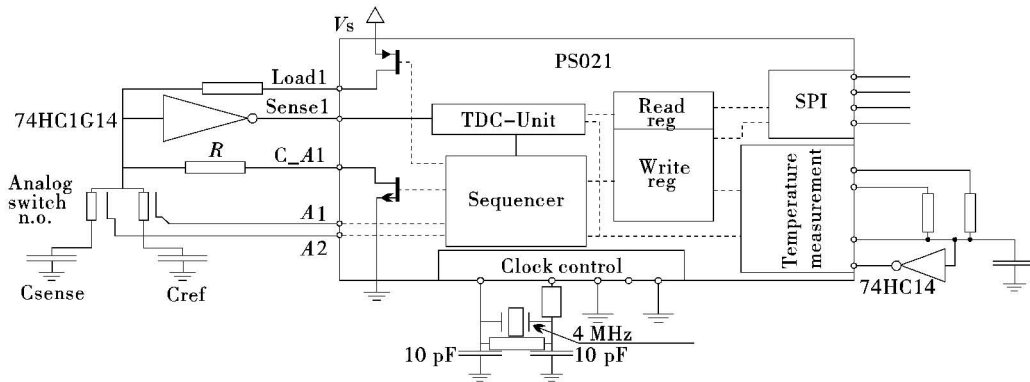


图 2 PS021 的内部结构图

2.2 PS021 的测量原理

感应电容和参考电容与电阻相连接形成了一个低通滤波器.感应电容和参考电容应该是同样的范围值来减小增益误差.一般来讲对于电容值没有特殊的界限,电容传感器从接近 0 直到几十 nF 都可

以被测量.电容器先充电到电源电压,然后通过电阻放电.放电到任意电压的时间将会被高精度 TDC (时间数字转换器)所测量,推荐的放电时间在 $2 \sim 10\ \mu\text{s}$ 范围内.PS021 内部的 TDC 测量单元的单次测量精度为 15 ps,如果通过平均的方法可以提高到飞秒级.图 3 为 PS021 测量电容连线图。

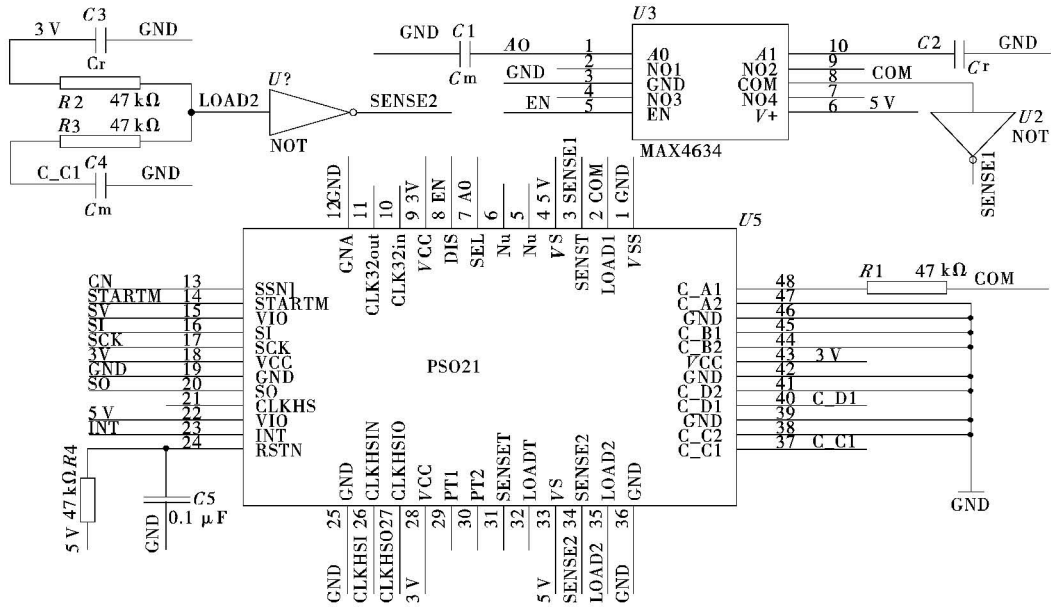


图 3 PS021 测量电容连线图

3 PS021 与单片机的通讯

PS021 的通讯符合 SPI 接口控制与数据传输过程。

测量电路需要控制芯片来控制数据的读取和写入, PIC 单片机结构简单, 功能强大, 并且兼容 SPI

串行接口, 由于 PS021 的外围接口是 SPI, 在电路中选择 PIC16LF874 单片机, 这样单片机就能很好地控制 PS021 的工作, 以及把数据通过 USART 串行接口把数据送入到上位机中^[4]。单片机的连接如图 4 所示。

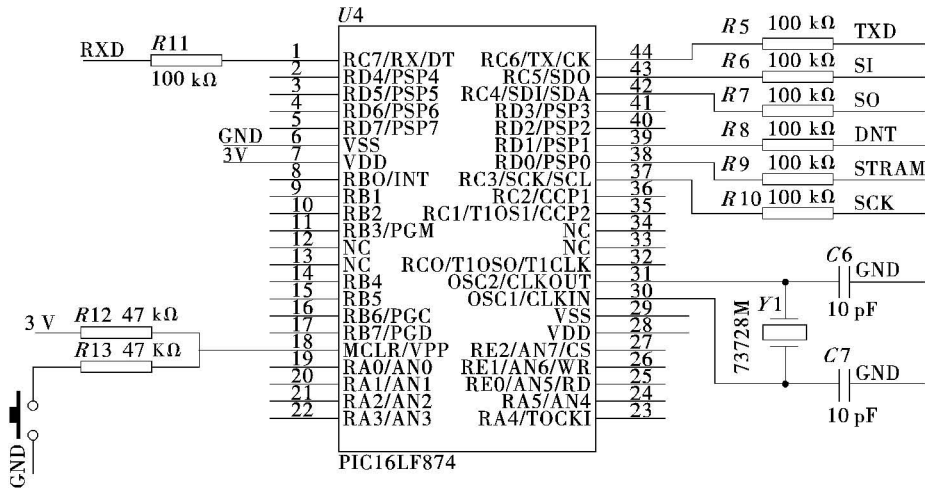


图 4 单片机连接电路

4 系统软件设计

在系统设计中, 主要通过软件实现控制功能, 控

制数据的采集和传输, 采用 C 语言对单片机编程, 程序可读性强, 方便移植. 主程序流程图如图 5 所示。

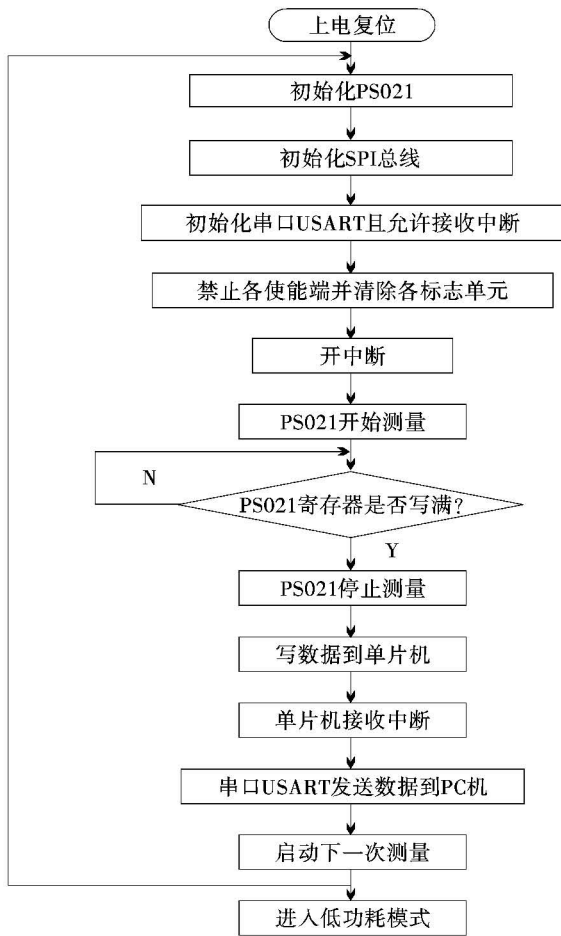


图 5 主程序流程图

系统接通电源后,单片机经过阻容复位后,进行一系列的初始化;当 PS021 开始测量时,根据充放电的原理,PS021 把测得数据转化为数字量,储存在寄存器中;当存满之后,外部时钟引脚有时钟脉冲输入,单片机开始接收数据,来读取 PS021 寄存器中的数据,当每个字节最后一位数据被锁存,SSPIF 中断标志位被置位;当接收完数据后,将 TXEN 位置位,允许传送,这一步也会引起 TXIF 置位,待发送数据写入 TXREG 寄存器,开始发送,这样数据就可以通过串口发送到上位机计算机中;最后进入低功耗状态。

5 试验与结果

在标定好的系统下,分别选取 12 个不同的固定

电容进行测量来验证测量模块的精确度.实验结果如图 6 所示(图中每个小圆圈代表 1 个电容测量值),由于被测电容受温度、焊锡量多少等因素影响,存在一定的测量误差,通过多次测量进行平均,以获取更稳定的电容值,结果清晰地反映了测量值和理论值之间的误差,测量值和真实值非常接近,可认为测量精度很高。

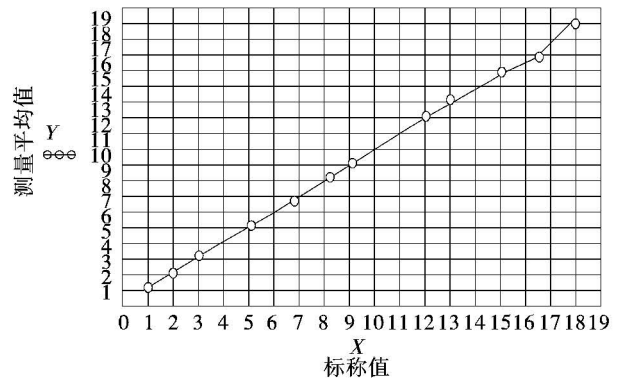


图 6 实验结果比较

6 结束语

测量模块利用德国 acam 公司 picostain 系列产品 PS021 芯片,该芯片能够很好地测量微小电容,对研究电容式传感器有很好的促进作用,这种 TDC 芯片技术简化了电路设计,使测量结果达到较高的精度.同时由于 PS021 是高精度、完全集成的超低功耗、超高精度测量芯片,因此可以减小电路板的体积、降低产品的开发难度,对加速产品的研制、降低生产成本具有非常重要的意义。

参考文献

- [1] 孙振民,杨彬,张亚先. PS021 在高性能电容式差压变送器测量电路中的应用[J]. 仪器仪表用户,2007(3): 160.
- [2] 马铁华. 存储测试技术的发展与应用及特种传感器技术研究[D]. 北京:北京理工大学,1999:43-47.
- [3] 德国 acam 公司的电容测量用户手册,2006.
- [4] 赵霞,于晓洋,陈德运. 电容层析成像系统的电容测量电路[J]. 电测与仪表,2002(1):22-25.