

便携式智能 LCF 测量仪的研制*

王林生¹ 靳 果¹ 刘延寿²

(1. 河南工业职业技术学院 南阳 473009; 2. 中聚天冠生物能源有限公司 南阳 473000)

摘要: 针对当前专用测量仪在频率、电容和电感测量方面,表现出价格昂贵,体积大,携带不方便等问题,提出以单片机作为计算、控制和数据处理核心,设计电路。利用脉冲计数法得到常用信号频率的参数值;利用电感、小电容的元器件特性,通过测量 LC 振荡电路的频率,得到电容和电感的参数值;利用测量 RC 充电电路时间常数 τ ,得到大电解电容的参数值。样机实验表明,对于常见频率、电容和电感,测量结果与标准专用测量仪相当,并兼具便携、智能、低成本和易于使用的优势,值得推广。

关键词: 单片机;脉冲计数;LC 振荡电路;RC 充电电路

中图分类号: TN929.5; TP317.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.10

Development of a portable smart LCF meter

Wang Linsheng¹ Jin Guo¹ Liu YanShou²

(1. Henan Polytechnic Institute, Nanyang 473009, China; 2. Zhongju Tianguan Bioenergy Co., Ltd, Nanyang 473000, China)

Abstract: Currently, most of special meter show expensive, bulky, inconvenient to carry and other issues at the measurement of signal frequency, capacitance and inductance. This paper presents using a micro-controller as the computing, control and data processing core to design the circuit. We get the parameter values of regular frequency by the pulse counting method, and the parameter values of the capacitance and inductance by using the component characteristic of the capacitance and small inductance and testing the frequency of the LC oscillator circuit, and parameters values of large electrolytic capacitors by calculating the time constant τ of the RC charging circuit. After many tests, our prototype shows that the system designed in this paper is good at measuring the frequency, capacitance and inductance compared with the special meter, and has the advantages of portable, intelligent, low cost and ease of use. It is worthy of promotion.

Keywords: micro-controller; the pulse counting method; LC oscillator circuit; RC charging circuit

1 引言

电子线路在焊接、调试过程中经常需要测量电感电容值以及信号频率,目前测量频率一般采用频率计进行测量,频率计虽然测速快、精度高,但是功能单一、携带不方便;测量电感和电容一般使用多功能万用表,虽然测量精度符合大部分需要,但是该类万用表价格比较贵,同时操作方法比较繁琐。与此同时,从事电子技术人员迫切需要一款携带方便、低成本、多功能、智能化、测量精度高的测量电感电容以及信号频率的测量仪器。鉴于以上原因,通过对电感电容的本身特性以及信号频率的原理的研究,以单片机作为计算、控制和数据处理的核心部件,辅助以相应的功能操作开关和液晶显示器,设计了一款便携式的电感电容及信号频率测量仪。

2 系统设计原理

由于单片机体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活,因此测量仪以单片机作为计算、控制和数据处理核心。频率的测量通过脉冲计数法进行测量,方法简单,以单片机作为核心,精度高;小电容和电感的测量通过 LC 振荡电路将待测小电容和电感值转变为相应的待测频率信号 f ,进而测量小电容和电感;电解电容的测量通过对 RC 电路的时间常数的计算,进而测量电解电容。相对于目前常用的电桥法和阻抗-电压或者阻抗-电流测量方法,具有成本低、测量方法简单、智能化测量的优势。测量仪设计的整体框架如图 1 所示。

收稿日期:2015-06

* 基金项目:2015 年度河南省高等学校重点科研(15B510004)项目

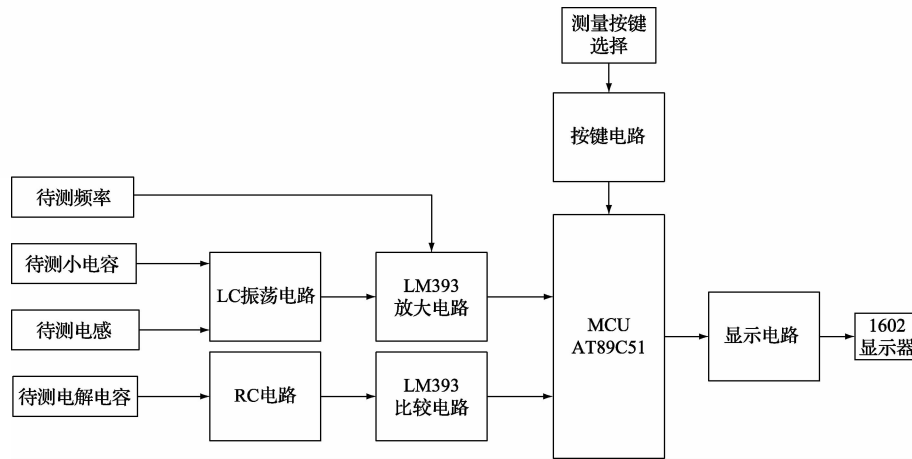


图1 系统框架

3 测量原理

3.1 频率测量原理

测量电路如图2所示,被测信号 F_x 通过 LM393 放大电路进行放大,然后输入单片机的 T_1 口,由定时器/计数器 T_1 进数脉冲计数,定时器/计数器 T_0 进行计时^[1-2],得到 T_x 时间内的脉冲个数 N_x ,则可求得 $F_x = N_x / T_x$ 。

3.2 电感、小电容测量原理

测量电路如图2所示,由电感 L_1 、电容 C_8 组成的 LC 振荡回路的频率,通过 LM393 放大电路进行放大并输入到单片机 T_1 ,单片机通过计算得到固有频率 f_1 ,并保存^[3-6]。运算关系如式(1)。

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \quad (1)$$

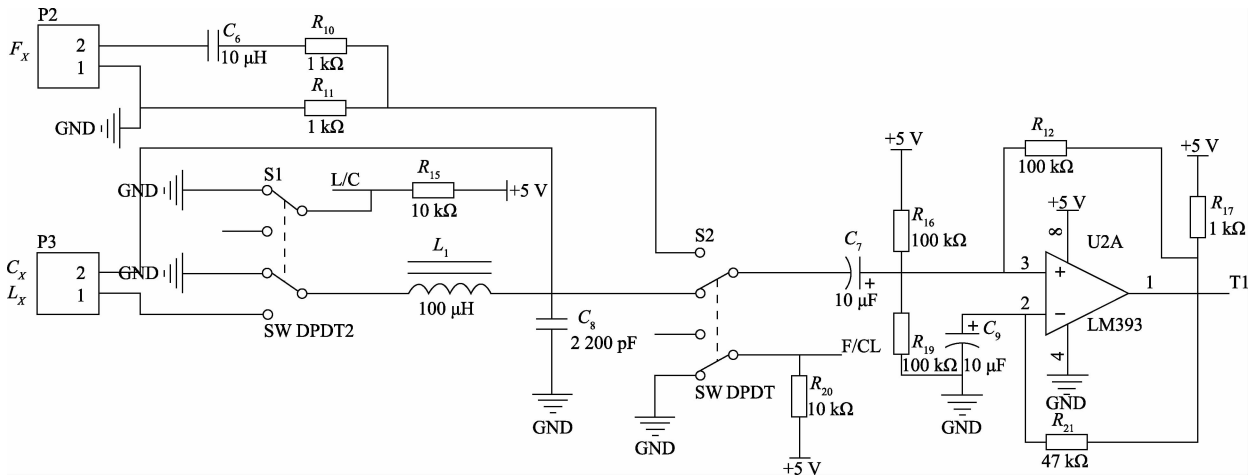


图2 频率、小电容、电感测量电路

由待测电容 C_x 或电感 L_x 、电感 L_1 、电容 C_8 组成的 LC 振荡回路频率,通过 LM393 放大电路进行放大并输入到单片机 T_1 ,单片机通过计算得到固有频率 f_2 ,并保存。然后使用式(2)或式(3)进行计算:

$$C_x = \left[\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1 \right] \cdot C_1 \quad (2)$$

$$L_x = \left[\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1 \right] \cdot L_1 \quad (3)$$

从而得到待测电容 C_x 或电感 L_x 值,最后通过显示电

路在 1602 显示器上显示测量结果。本测量仪测量小电容测量范围:1 pF~2.2 μF,测量电感测量范围:0.1 μH~1 H。

3.3 电解电容测量原理

电解电容的测量是基于对 RC 电路的时间常数的计算,电容的充电速度与 R 和 C 的大小有关,R 与 C 的乘积越大,充电时间就越长。这个 RC 的乘积就叫做 RC 电路的时间常数 τ ,即 $\tau = RC$ 。具体的充电过程如图3所示。

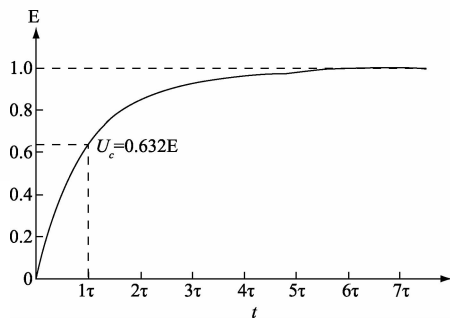


图3 LC充电过程

当 $t = \tau$ 时, $U_c = 0.632E$ (E 为电源电压); 本测量仪利

用单片机测量 $U_c = 0$ 到 $0.632E$ 这段时间, 利用式(4)计算被测电容值:

$$C = \frac{\tau}{R} \quad (4)$$

测量电路如图4所示, 设定比较器 LM393 正输入端为 U_c , ($U_c = 0.632E$, 通过调节 RJ2 获得), 反向输入端接被测电容 C_x , 当单片机 P15 引脚为低电平时, 测电容 C_x 放电。当单片机 P15 引脚为高电平时, 测电容 C_x 充电, 当充电到 U_c 时, 比较器翻转, 触发单片机外部中断 0, 单片机通过测得充电时间和充电电阻的大小即可计算出测电容 C_x 的大小^[7-9]。本测量仪器测量电解电容范围为: $0.5 \mu\text{F} \sim 12\,000 \mu\text{F}$ 。

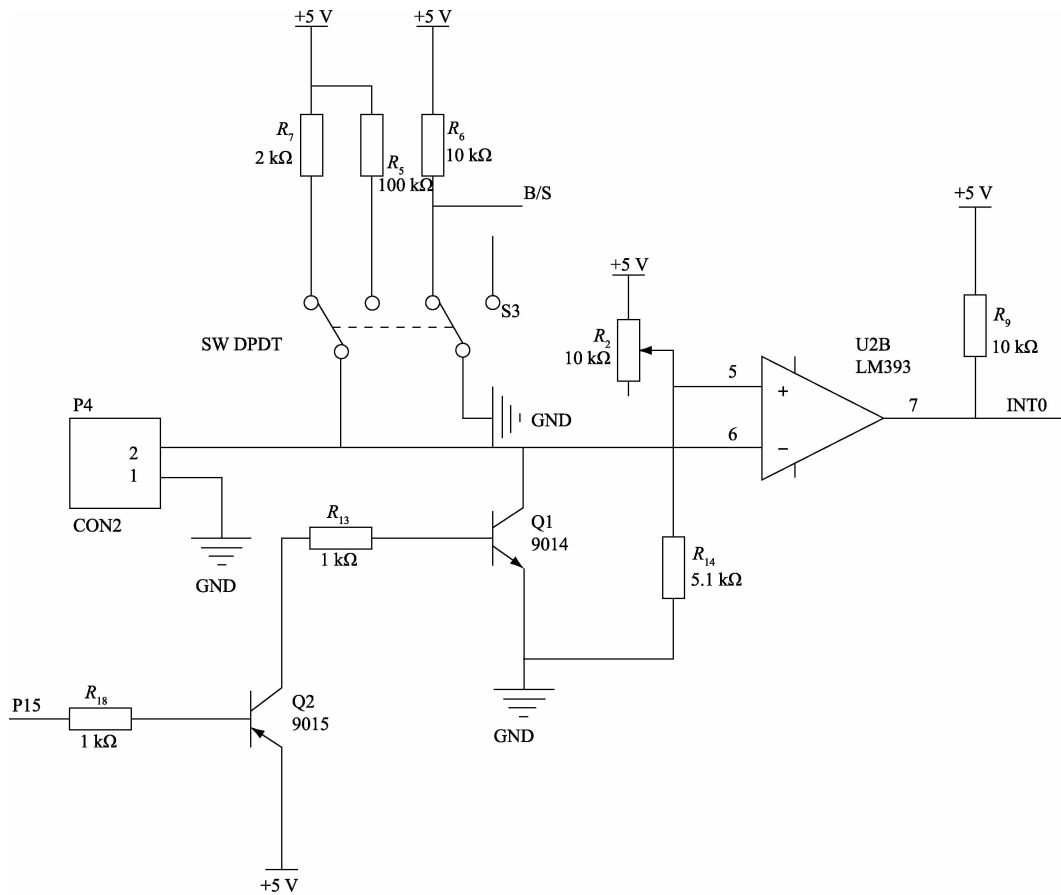


图4 电解电容测量电路

4 软件设计

测量仪上电以后先进行按键扫描, 确定测量类型, 若没有选择默认小电容的测量。用户可以通过 S1、S2、S3 选择电感、频率和电容的测量, 在电容测量选择的基础上通

过 S4 选择小电容和电解电容的测量, 若测量出现异常可以通过 S5 进行数据校准, 最后把测量的结果通过 12864 液晶显示器展示给用户^[10-11], 具体流程如图 5 所示。

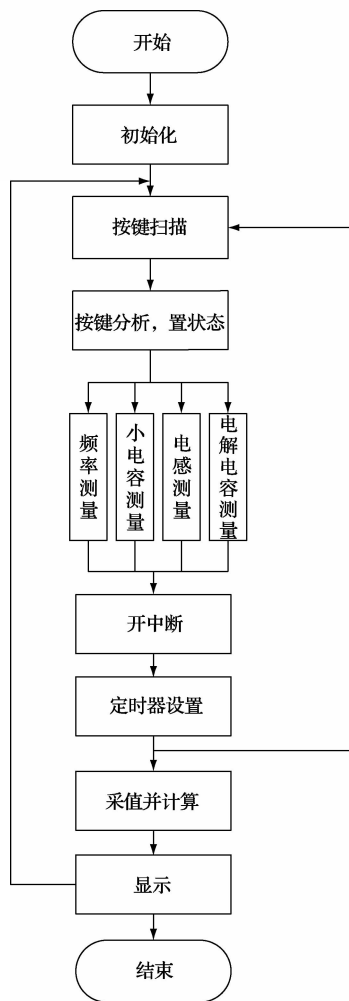


图5 测量流程

5 测量

1)测量方法:电容、电感和频率通过本仪器的测量结果与实际标称值进行对比,根据误差计算公式计算本仪器的测量精度。

2)测量仪器:优利德 UT70A 数字万用表、SFG-2107 数字合成函数信号发生器信号发生器、Keysight53200a 频率计数器、优利德 UTP3704S 直流稳压电源。

3)测量过程:首先使用目前测量精度高,价格适中的优利德 UT70A 数字万用表和 Keysight53200a 频率计数器分别多次测量电容、电感和频率,然后使用样机多次测量电容、电感和频率,最后得到标准仪器和样机的相对误差。

4)测量结果如下:

①小电容测量数据如表 1 所示。

表 1 电容测量

标称值	标准仪器 读取示值 /pF	样机读取 示值/pF	标准仪器 相对误差 值(%)	样机相对 误差值(%)
10 pF	10.2	10.6	2	6
1 nF	998.3	992.2	1.7	7.8
150 nF	148 432.7	142 730.5	1.05	4.84
0.47 μ F	472 463	478 616	0.52	1.83
1 μ F	984 764.5	911 315.3	1.52	8.86

②电感测量数据如表 2 所示。

表 2 电感测量

标称值 / μ H	标准仪器 读取示值 / μ H	样机读取 示值/ μ H	标准仪器 相对误差 值(%)	样机相对 误差值(%)
1	1.1	1.3	1	3
56	56.73	58.35	1.31	4.19
100	101.47	102.74	1.47	2.7
220	221.68	222.49	0.76	1.13

③电解电容测量数据如表 3 所示。

表 3 电解电容测量

标称值 / μ F	标准仪器 读取示值 / μ F	样机读取 示值/ μ F	标准仪器 相对误差 值(%)	样机相对 误差值(%)
1	1.01	1.04	1	4
10	10.18	10.55	1.8	5.5
22	218.76	216.84	1.24	1.4
1 000	1 016.3	1 067.9	1.63	6.79
3 300	3 264.8	3 102.8	1.07	5.97

④频率测量数据如表 4 所示。

表 4 频率测量

标称值 /Hz	标准仪器 读取示值 /Hz	样机读取 示值/Hz	标准仪器 相对误差 值(%)	样机相对 误差值(%)
200	200	200	0	0
10K	10 001	10 004	0.01	0.04
20K	20 003	20 009	0.015	0.045
350K	350 075	350 241	0.021	0.068

5)测量结果分析:在实际测量过程中,由于测量周围环境的温湿度、元器件真实值与标称值不符、测量方法的选择等对实际的测量值都有一定的影响,这样就会导致本

仪器测量值与元器件实际值不符。为了避免测量值与实际值相差太远,在实际测量的过程中采取多次测量求平均值的策略,达到减少系统误差的目的。

通过与标准仪器测量结果相对比,在精度上虽然没有标准仪器精度高,但是对于工程技术人员实际使用来说还是达到了作为测量仪器的要求,同时该测量仪可以同时测量电容、电感和频率,相对于标准仪器来说,具有便携、智能、低成本和易于使用的优势。

6 结 论

该测量仪利用元器件本身的特性设计测量电路和测量控制程序,实现了对小电容、电感、电解电容、频率的测量,测量范围涵盖常用电容和电感元器件及信号范围。与市场上的仪器设备相比,一机多用,体积和重量小,便于携带,非常适合电子类专业师生、学习者和电路设计及制作爱好者使用。由于该测量仪电路所含元器件少,并且均为常用元器件,制作工艺简单,制作成本在50元以下,在大多数情况下可以替代电感测量仪、电容测试仪、频率检测仪等设备,具有很好的发展前景。

参 考 文 献

- [1] 武卫华,郑诗程. 基于 SoPC 的嵌入式数字频率计设计与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5): 172-178.
- [2] 汪正军,潘磊,纪国瑞,等. 基于离散相位差检测的频率测量方法[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(5): 994-1000.
- [3] 辛苗. 开关电感测量电感值及基于开关电感的 PWM 发生器的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2013.

- [4] 韦炜. 新型电容电感测量仪的设计[J]. 现代科学仪器, 2013(1): 69-72.
- [5] 王秀霞. 电阻电容电感测试仪的设计与制作[J]. 电子技术, 2012(8): 81-83.
- [6] 肖良松. 基于单片机的电感参数测量设计[J]. 曲靖师范学院学报, 2011(6): 71-74.
- [7] 张坤,张子才. 基于 Proteus 的智能数字电容表的设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5): 57-60.
- [8] 冯佳,李佩玥,徐立松,等. 基于反馈的交流激励式电容测量电路设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(11): 38-42.
- [9] 宋起超,刘静森,杨春光,等. 基于 FFT 的 RLC 测量仪设计[J]. 仪表技术, 2013(3): 14-22.
- [10] 张秀梅. RLC 器件数字测量仪设计与实现[J]. 微计算机信息, 2012(3): 70-72.
- [11] 吕永东. 基于 LM3S1138 智能 RLC 测试仪的设计[D]. 青岛:青岛科技大学, 2012.

作 者 简 介

王林生, 1981 出生, 讲师。主要研究方向为电子信息与科学的应用。

E-mail: wanglinsheng_317@163.com

靳果, 1985 出生, 助教。主要研究方向为电子技术及信息科学的应用。

E-mail: 27452154@qq.com

刘延寿, 1983 出生, 电气技术员。主要研究方向为电子自动化。

E-mail: 215230729@qq.com