

基于频率法和 MCU 的智能 RLC 测量仪研制*

任斌, 余成, 陈卫, 赖树明, 杨福奎, 吴忠良

(东莞理工学院电子工程系, 广东东莞, 523808)

摘要: 本文提出以 89C51 单片机系统为核心的 RLC 智能测量仪的设计制作方法。该测量仪充分利用了单片机的硬件资源, 简洁而高效运行的软件设计思想, 实现 RLC 参数的自动测量和显示。克服了传统的外加交流测量法电源波动易引起偏差和文氏电桥测量法参数调节复杂等问题。系统结构紧凑、操作方便, 且测量精度高、响应快、测量范围宽。

关键词: 单片机, 频率法, RLC

中图分类号: TM930.9 文献标识码: A

Research and Design of Intelligentized RLC Measurer on Frequency and MCU

Ren Bin, Yu Cheng, Chen Wei, Lai Shuming, Yang Fukui, Wu Zhongliang

(Dongguan University of Technology, Dongguan, 523808)

Abstract: A Intelligentized RLC Measurer system based on single-chip microprocessor is proposed, which hardware resources is fully exploited. The design of software is simple and high efficient. The inductance parameter was calibrated and displayed automatically. The system overcomes the traditional shortcomings of source-supply ripple in the exterior alternating current supply method and of regulating complexity in the electrical bridge method. The system, characterized by simple structure, easy regulation, high measurement precision, rapid response and big measurement scale.

Keywords: MCU; Frequency Method; RLC

1、引言

目前, 测量电路参数 R, L, C 的仪表种类多种多样, 其方法也不尽相同。这些方法都有其实用性, 但是随着工程技术要求的提高, 它们的弊端也越来越明显。

电容的测量方法较多, 如电桥法、阻抗法等。电桥法精度高, 但电路复杂且测量时还需要调节电桥平衡, 不利于实现全自动的智能化控制, 阻抗法需要低失真的正弦波和高精度的 A/D, 而且计算较为复杂。电阻的测量方法有电流法、分压法等, 这些方法的精度变化大。若要较高的精度, 必需较大的量程, 且电路复杂。同样, 在测量电感时电桥法和相位法也不宜采用。数字 RLC 测量仪的数字化程度并不高, 其参量分离是靠同步检波器实现的^[1,2]。

随着单片机技术的发展, 单片机在智能化测量仪表中的应用越来越广泛。本文所设计的 RLC 测量仪是把 R、L、C 作为谐振电路中的一个元件, 当阻抗值变化时谐振电路的输出频率将随着改变, 在单片机系统内建立了频率阻抗对照表数据库, 从测得的频率值直接查表可获得元件的阻抗值并显示。利用本系统强大的微处理器功能, 对小阻抗元件和大阻抗元件能进行自动识别, 实现测量档位的自动切换和准确测量。

2、系统原理设计

2.1 整体方案图

系统结构框图如图 1 所示。

2.2 系统工作原理

用 555 构成的多谐振荡器和由 MC1648 构成的振荡器把 R、L、C 作为谐振电路中的一个元件, 当阻抗值变化时谐振电路的输出频率将随着改变。先分别用 555 和 MC1648 构成了振荡器测量不同 RLC 值产生的不同频率, 在 MCU 内部建立频率阻抗对照表数据库。将被测元件放于测量电路中, 经过振荡电路和处理电路产生一定频率的矩形波并送至单片机。单片机根据所选测试元件通道, 根据所测频率查表判断是否转换量程, 并从数据库读取频率所在

*基金来源: 广东省科技厅资助项目(超高速, 数字化, 多功能电子测量仪的研制 2003C102009)

范围的两端频率和相应的 RLC 值，把数据进行相应处理后，送 LCD 显示相应的参数值。

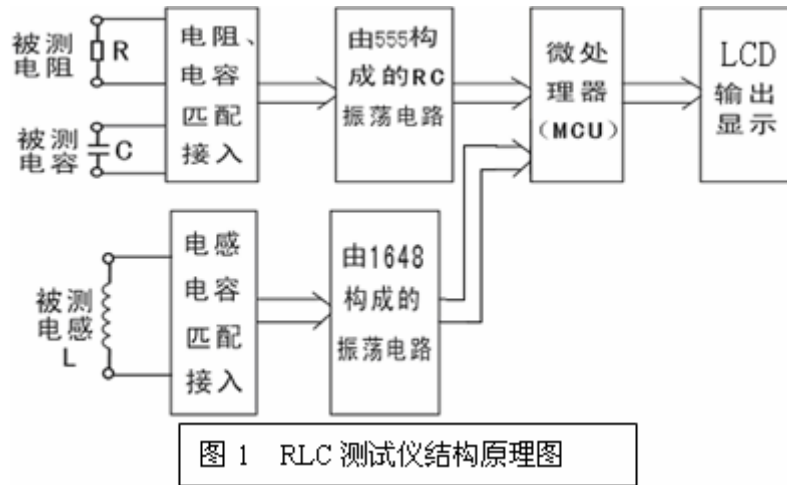


图 1 RLC 测试仪结构原理图

2.3 RC 振荡电路的设计

由 RC 振荡电路的组成可知，振荡电路可以分为放大电路和反馈电路。在反馈电路中，电容值或电阻值的改变可以引起振荡频率的改变，但是电容或电阻影响振荡频率灵敏度的同时也要受到放大电路的输入输出电阻的影响，所以选用的放大电路应使输出电阻小输入电阻大。正因为这样我们在电路设计中采用了选频网络和 555 定时器组成的多谐振荡器^[3]，如图 2 所示电容 C 上 V_C 将在 V_+ 和 V_- 之间反复振荡，振荡频率为：

$$f=1/[(R_1+2 R_3)C\ln 2]$$

由公式可知，通过改变 R 和 C 的参数就可以改变振荡频率。被测电阻 R 或被测电容 C 作为由 555 构成的 R、C 振荡电路的元件，根据阻值范围或电容范围自动选择匹配电容或电阻产生稳定的振荡频率，微处理器按事先存放的频率阻抗对照表数据库确定元件的电阻或电容值并输出显示。

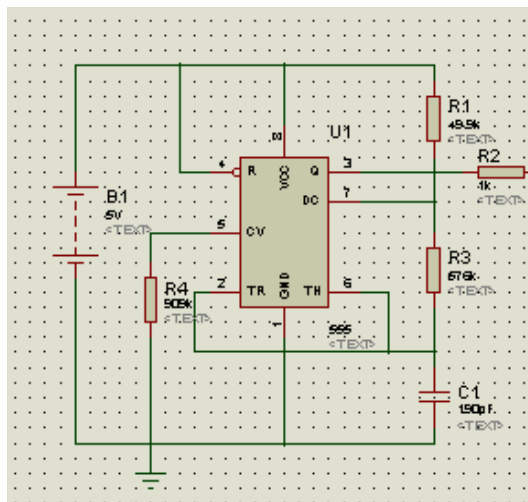


图 2 555 构成的多谐振荡器

2.4 LC 振荡电路的设计

压控振荡器就是在振荡电路中采用压控元件作为频率控制器件，它的特性可用瞬时振荡频率 ω_v 与控制电压 V_c 之间的关系曲线来表示，如图 3 所示，在一定范围内 ω_v 与 V_c 之间是线性关系，这一线性曲线可用下式表示：

$$\omega_v(t) = \omega_0 + k_v v_c(t)$$

K_V 是特性曲线的斜率，称为 VCO 的增益或灵敏度，量纲为 $\text{rad/s} \cdot \text{V}$ ，它表示单位控制电压所引起的振荡角频率变化的大小^[4]。

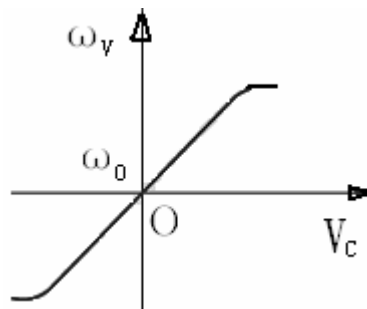


图3 压控振荡器特性曲线

对电感的测量则采用压控振荡器芯片 1648 构成振荡电路，如图 4 所示，被测电感 L 作为由 1648 构成的 L、C 振荡电路的元件，根据电感 L 的大小自动选择不同的匹配电容，产生稳定的振荡频率，事先测试并在微处理器中建立了电感频率对照表数据库，按测得的振荡频率确定元件的电感值并输出显示。

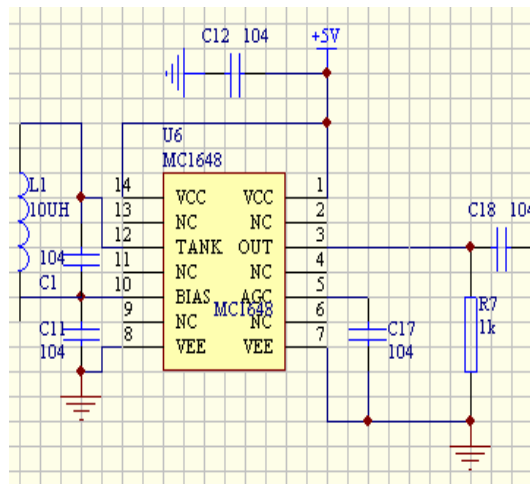


图 4 由 MC1648 构成的振荡器

3、软件设计

软件设计包括两部分，第一部分是建立频率阻抗对照表数据的程序；第二部分是准备、测量、查表、量程转换、运算、显示和系统控制的测量过程主控制程序。

建立频率阻抗对照表数据的程序比较简单，就是一个定时和计数两部分^[5, 6]，用 T1 作为定时，用 T0 作为外部脉冲的计数，定时和计数同时开始，当定时时间到就读取计数器的计数值并分别赋给 20H 和 21H 内部单元中。把主要的硬件是由用 555 和 MC1648 构成了振荡器输出的频率的引脚分别联接到 MCU 的 P3.4 引脚，然后分别变换 RLC 的阻抗，读取 20H 和 21H 内部单元的数据，就可以建立频率阻抗对照表。

在该测量仪中，测量过程主控制程序是其核心部分。它不仅担负着量程的识别与转换，而且还负责数据的处理、显示、修正和传输。因此测量过程主控制程序的工作状态决定着整个测量仪能否正常工作，所以测量过程主控制程序对整个测量来说至关重要。本设计中的测量过程主控制程序按它的功能由以下几个部分组成：(1)控制初始化部分；(2)键入命令搜索部分；(3)测量标称值键入搜索查表程序部分；(4)电阻测量程序；(5)电容测量程序；(6)电感测

量程序; (7) 自动量程转换程序; (8) 运算程序部分(9)显示中断程序; (10) 外中断程序 , 用来完成数据的读入; (11) 延时程序; (12)打印驱动程序 用来完成测量数据的打印;(13)通讯程序 ,用来实现测量仪与其他设备的数据通讯。准备初始化程序应该完成系统操作之前的准备工作。它包括初始化和系统测试 2 部分。初始化程序极为简单, 主要是设堆栈指针, 对于定时计数器的设置, 分别在各测量模块进行。测试程序是用来检查应用系统软硬件是否处于正常状态。测量程序对于小周期采取对频率计数对于大周期采用的是通过门控位在外界电平转换时产生中断来测量正脉冲的宽度。查表程序是在测量到频率或周期后通过查表找到相应的 RLC 所在的范围。自动量程转换程序通过软件功能来完成自动量程转换。运算程序采用多位数的浮点运算和插值运算, 显示程序用的是 LCD 动态显示接口电路的控制程序。

接通电源后, LCD 显示“RLC 智能测试仪”,这表示控制器等待接收命令。按动 RLC 测量转换按钮 S1 键,会在 R、L、C 之间转换进行测量并在 LCD 上分别显示“你测量的电阻(或电容、或电感)值是###.#####”,自动转换测试量程和自动转换显示的数值单位。

4 结束语

该 RLC 测量仪具有功能强、性能可靠、体积小、电路简单等特点, 加上自行设计的 RLC 参数与频率计数的数据库对照表、浮点数的运算、自动切换档位等, 使测量仪表具有较高的智能化水平, 并使它很方便地扩展其他功能, 如频率计。为实现集示波、存储、任意信号发生、频率特性分析、逻辑分析、RLC 测量、程序在线更新等于一体的多功能测量仪的 RLC 测量部分提供了坚实的技术保障。

本文作者创新点是把 R、L、C 作为谐振电路中的一个元件, 当阻抗值变化时谐振电路的输出频率将随着改变, 在系统内建立了频率阻抗对照表数据库, 从测得的频率值直接获得元件的阻抗值并显示。利用本系统强大的微处理器功能, 对小阻抗元件和大阻抗元件进行自动识别, 实现测量档位的自动切换和准确测量、显示。与传统的伏安法、电桥法比较测量快速、准确、方便。

参考文献:

- [1] 朱继军, 郑永明, 单片机控制的 RLC 测量仪研制[J], 中国民航学院学报, 2003, 21(7): 47-48
- [2] 吴峰, 朱瑞祥, 张会娟等, 利用双 8051 芯片组成的频率测量系统[J]. 微计算机信息, 2006, 22(4-2): 68-70
- [3] 清华大学电子学教研室编, 阎石主编. 数字电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998 年.
- [4] 张肃文主编. 高频电子线路[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004 年.
- [5] 何立民主编. 单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000 年
- [6] 沈德全. mcs51 系列单片机接口电路与应用程序实例. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003 年

作者简介: 任斌(1975—), 男(汉族), 河南周口人, 讲师, 硕士, 主要从事多功能测试仪和光电器件方面的研究, E-mail: renbin@dgut.edu.cn。

Author brief introduction: Renbin, mail, born in 1975, han, major in multifunctional test instrument and photoelectricity apparatus, E-mail: renbin@dgut.edu.cn.

项目的经济效益分析

本项目研制的电子测量仪批量生产(1000 台以上)每台成本核算如下:

- ①彩色液晶显示屏和触摸屏(8 英寸屏) 550 元

②印刷电路板

- ARM9 处理电路板（六层）： 材料 157 元+制板 18 元=175 元
- AD/FPGA/DA 主控电路板(四层或六层) 材料 300 元+制板 18 元=318 元
- 多功能下载板（双面）材料 100 元+制板 6 元=106 元
- RLC 测试板（双面）材料 50 元+制板 6 元=56 元
- 电源板（双面）材料 40 元+制板 6 元=46 元
- 面板（双面）一共六块 材料 30 元+制板 6 元=36 元

③机箱 100 元 每台成本合计： 1387 元

人工费： 613 元/台 销售价： 12000 元/台

每台销售毛利： $12000 - 1387 - 613 = 10000$ 元=1 万元

按每年 1000 台计算每年可获毛利 1000 万元