

[控制系统]

数字式电容量测量装置的设计

文/河北工业大学电气工程学院 张惠娟 申 晨 申 奥
天津市电力公司城西供电分公司 张渭澎

针对目前电容量测量装置成本高、体积大、测量精度低等不足，设计了一种数字式电容量测量装置。装置包括硬件和软件两部分，其中硬件由C-T电路、缓冲电路、整形电路、控制模块和显示模块几部分组成；软件部分包括主程序、中断处理子程序、数据处理子程序及显示子程序。测量装置控制方式采用基于规则的推理方法自动控制量程档位的切换，操作简单且实现了对测量装置的智能控制。由此设计的电容量测量装置测量范围广、误差小且精度高，同时具有成本低、体积小和便于携带的特点，弥补了一般测量装置的不足。

随着电子技术的迅猛发展，人们对电子测量设备的使用和精密测量的要求也越来越高。电容具有储能特性，被广泛用于射频、振荡、整流、滤波及耦合等电路中，几乎成为现代电路设计中不可或缺的分立元件。现代的电容量测量装置一般由硬件电路和软件电路组成，硬件电路主要包括测量电路、正弦波发生电路、整流滤波电路、A/D转换电路、控制处理电路和显示电路；软件部分主要由主控程序、中断子程序、数据处理子程序、挡位切换程序、按键处理程序和显示程序组成。常规设计的硬件电路存在设计成本高、抗干扰能力弱、测量范围窄及测量精度低的缺点，并且设计的产品操作复杂、体积大，不便于野外作业。因此设计一款携带方便、操作简单、价格低廉、测量精度高的智能化电容量测量装置成为现代测量的必然趋势。

数字式电容量测量装置硬件设计

数字式电容量测量装置的硬件模块包括C-T电路、缓冲电路、整形电路、控制模块和显示模块。控制模块主要由80C51单片机构成，主要完成对传入数据的处理。显示模块主要由6个高亮度LED显示器及74LS138译码器组成，主要完成对测量电容值的显示。各模块连接顺序依次为C-T电路、缓冲电路、整形电路、控制模块和显示模

块，如图1所示。

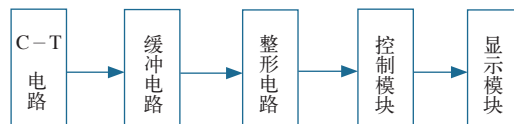


图1 数字式电容量测量装置系统结构框图

1. C-T电路设计

C-T电路如图2所示，主要由采样电阻、负阻抗变换器(NIC)、标准电阻和标准电感组成。其中，负阻抗变换器由高速运算放大器和限流电阻 R_1 、 R_2 组成，其连接关系为负阻抗变换器的输出端与标准电感串联，标准电感与标准电阻、待测电容连接，组成LC谐振电路，采样电阻一端与待测电容连接，而另一端与负阻抗变换器输入端的限流电阻连接构成闭合回路。接通电源后，LC电路发生振荡，产生振荡信号，由信号输出端输出振荡信号。

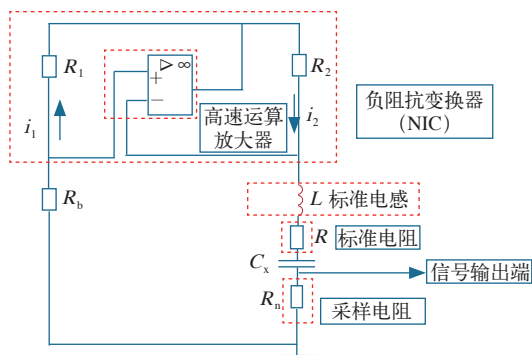


图2 C-T电路原理图

2. 缓冲电路设计

缓冲电路如图3所示, 由电压跟随器组成, 起到把振荡电路和测量电路隔离的作用, 以消除测量电路对振荡频率的影响, 保证测量精度。

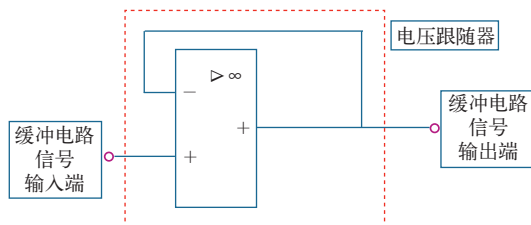


图3 缓冲电路原理图

3. 整形电路设计

整形电路如图4所示, 其主要由高运算倍数放大器, 电阻 R_1 、 R_2 , 电容 C_1 、 C_2 和晶体管组成, 连接方式为整形电路信号输入端经电阻 R_1 与高运算倍数放大器的负性端相连, 同时输入信号经电阻 R_2 与高运算倍数放大器的输出端相连, 高运算倍数放大器的正性端接地。经高运算倍数放大器输出的信号经电容 C_1 与晶体管的基极端连接, 晶体管的集电极上接+5 V电源, 发射极接地, 整形出的矩形波经电容 C_2 由整形输出电路的信号输出端输出。整形电路主要将缓冲电路输出的正弦波整形为矩形波。

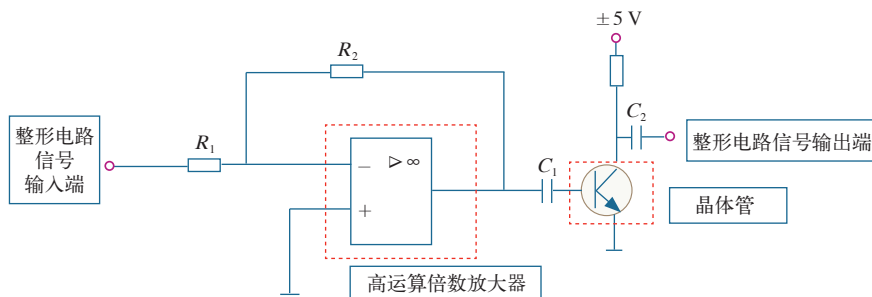


图4 整形电路原理图

为满足80C51接口要求, 需把送入的脉冲进行处理来满足TTL电平要求。在整形电路晶体管的集电极接入+5 V电压。高运算倍数放大器采用反相输入, 当正弦波正半周期到来时, 使晶体管截止, 集电极输出电压为+5 V, 当正弦波为负半周时, 晶体管导通, 集电极输出0电位, 即整形电路输出信号波形为5 V的矩形脉冲。矩形脉冲采用中断方式由INT0输入80C51单片机, 80C51响应中断后启动定时器T0开始计时, 直到第N次中断到来后, 关闭定时器T0, 此时一次测量过程结束, 将时间与中断次数存储, 调用数据处理子程序进

4. 电容量测量装置原理

数字电容量测量装置系统电路模块的连接方式为C-T电路、缓冲电路、整形电路、控制模块与显示模块依次连接。C-T电路中的标准电感与待测电容 C_x 组成LC振荡电路, 接通电源后, LC电路产生振荡, 采样电阻取出振荡电压信号, 根据运算放大器的结构特征, 由KVL方程得出无阻尼振荡方程, 通过调节负阻抗变换器(NIC)的参数值, 从而得知电容与信号周期的准确关系。由采样电阻采样得到的振荡电压信号由C-T电路信号输出端输出, C-T电路信号输出端与缓冲电路的信号输入端相连, 此时的采样信号送入缓冲电路, 此时为正弦波。缓冲电路由电压跟随器构成, 起到把振荡电路和测量电路隔离的作用, 以消除测量电路对振荡频率的影响, 保证测量精度。经缓冲电路的电压信号最后由信号输出端输出, 信号输出端与整形电路信号输入端相连, 将缓冲电路输出的正弦波信号送入整形电路, 整形电路主要由高运算倍数放大器, 电阻 R_1 、 R_2 , 电容 C_1 、 C_2 和晶体管组成, 经过整形电路作用, 将电压跟随器送来的正弦信号整成矩形波信号, 由整形电路信号输出端送入80C51单片机。

行处理, 处理完成后的数值通过PO口输出, 经过74LS138译码器作用, 将二进制码转化为十进制码, 最后由六位高亮度发光LED显示。对测量不同大小电容量程的切换控制采用智能中基于规则的推理方法实现, 实现了测量过程的智能化。

数字式电容量测量装置软件设计

在实现电容量测量过程中, 其程序包括主程序和中断处理子程序。

1. 电容量测量装置主程序

主程序由初始化（步骤1）、开中断（步骤

2)、检测完成标志(步骤4)、调用数据处理子程序(步骤5)、显示子程序(步骤6)和清除标志位(步骤7)组成,如图5所示。

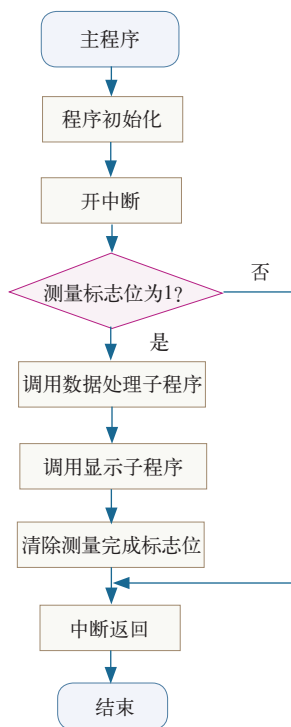


图5 系统主程序流程图

2. 数字式电容量测量装置中断处理子程序

中断处理子程序整体作为(步骤3)执行,如图6所示。其程序的运行过程如下。

1) 通电。程序初始化,系统设置初始值及标志位。

2) C-T电路中LC电路发生振荡,发出第一个脉冲,系统开中断,启动定时器 T_0 定时,中断服务程序对 T_0 重新装入时间常数。

3) 系统执行中断处理子程序(如图6所示),系统第一次中断时开定时中断 T_0 ,然后判断是否为第 N 次中断,若是第 N 次中断,则关闭定时器 T_0 ,存储时间和中断次数,定时器复位;若不是第 N 次中断,则中断次数自动加1。

4) 判断测量完成标志,若测量完成标志为1,则调用数据处理子程序(步骤5)和显示子程序(步骤6),显示测量值;若测量标志不为1,则跳回步骤3继续判断。

5) 测量标志位为1时,系统调用数据处理子程序,对数据进行分析处理。

6) 步骤5对数据进行分析处理后,系统自动调用显示子程序,显示测量结果。

7) 测量结果显示后,系统进入清除测量完成标志,清除中断,等待系统进行下一次测量。

系统在对未知电容量进行测量时,反复运行上述程序。在对不同电容量测量时,系统自动切换量程,其控制实现了智能化。

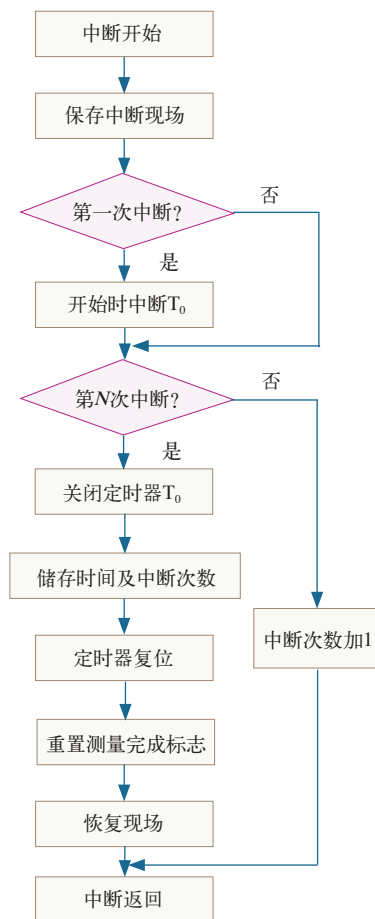


图6 中断处理子程序流程图

结束语

本文设计的数字式电容量测量装置针对当前的电容量测量装置存在着成本高、体积大及测量精度低的不足,省去了现代测量仪中常用的A/D转化芯片,硬件电路简单,降低了设计成本;测量范围为 $1.0 \sim 9\,999.99\text{ pF}$,测量范围广,精度高,抗干扰能力强。同时控制采用智能设计中基于规则的推理方法实现量程的自动切换,操作简单。由此种方法设计的电容量测量仪具有体积小,便于携带的特点,弥补了当前电容量测量装置的不足。EA

(收稿日期: 2015.07.17)

(编辑: 杨得润)