

C2 题 电感电容测量装置

一、任务

基于 TI 公司的主控芯片和晶体二三极管，设计并制作电感及其品质因数 Q 、电容及其损耗角正切 D 的测量装置（不允许电路中增加用于测量的运算放大器、比较器等集成电路芯片）。被测元件接入，一键启动后，在规定时间内自动完成测量。测量装置要提供专用于监测测试频率的信号输出接口，用于实时监测装置的测试频率，如图 1 所示。

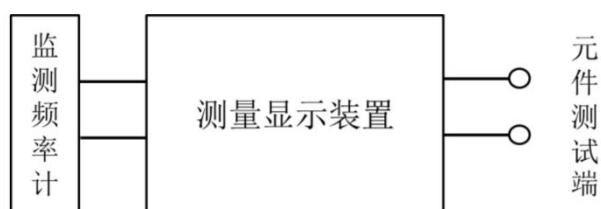


图 1 测量装置结构示意图

二、要求

1. 基本要求

完成电容量及其损耗角正切 D 的测量。

- (1) 电容量测量范围：1nF~100nF，测量相对误差的绝对值不大于 5%。
- (2) 电容 D 值测量范围：0.005~1，测量相对误差的绝对值不大于 5%。
- (3) 在 100Hz—10kHz 范围内，选择与自备测量仪器一致的测量频率，测量时间不大于 1 秒。
- (4) 系统单电源供电，要求具有液晶显示，4*4 以上的键盘。

2. 发挥部分

完成电感量及其品质因数 Q 的测量。

- (1) 电感量测量范围：500 μ H~5000 μ H，测量相对误差的绝对值不大于 5%。
- (2) 电感 Q 值测量范围：1~200，测量相对误差的绝对值不大于 5%。
- (3) 自制测量装置的测试频率与自备测量仪器的一致，测量时间不大于 5 秒。
- (4) 系统供电电压不高于 1.5V。
- (5) 其他。

三、说明

(1) 本测量显示装置的所有处理器必须使用 TI 公司的 MCU (具体型号不限)，建议使用 M0 系列的 MCU 或者使用 TI 公司的 M0L1306LP 开发板。增加用于测量的运算放大器、比较器等集成电路芯片，需扣除一定的分数。

(2) 参赛队需要自备商用测量仪器，简称自备测量仪器，以便校准自制测量装置。测评时，以自备测量仪器的测量值作为标准值计算测量误差。

(3) 建议自制测量装置的测试频率与自备测量仪器的一致。

(4) 可用并联或串联电阻的方式构成等效阻抗元件，校准自制测量装置的参数。

四、评分标准

	项目	内容	满分
基本要求(50分)	完成第(1)项		15
	完成第(2)项		15
	完成第(3)项		10
	完成第(4)项		10
发挥部分(50分)	完成第(1)项		15
	完成第(2)项		10
	完成第(3)项		10
	完成第(4)项		5
	完成第(5)项, 每功能最高4分		10
设计报告(20分)	系统方案	方案比较与选择	20
	理论分析与计算	原理和误差分析	
	程序设计	流程图, 数据结构	
	测试方案和结果	测试方案结果和分析	

五、提示

(1) 建议使用TI的M0系列开发板完成, 其内部含有1.45M的12位ADC, 两个零漂移、零交越失真的运放, 还有一个40ns的高速比较器。

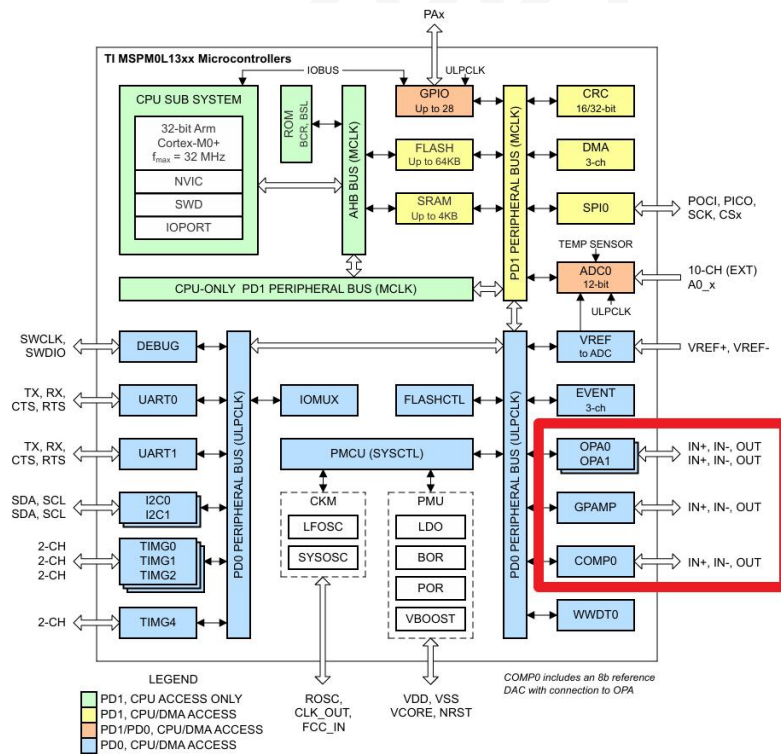


图 4-1. MSPM0L134x、MSPM0L130x 功能方框图

图 2 M0L130x 功能方框图

(2) 电容测量参考电路

外部元件为 10k 欧姆多圈电位器和 Rref. 由 DAC+OPA1 产生带有 1.65V 直流偏置的正弦信号。

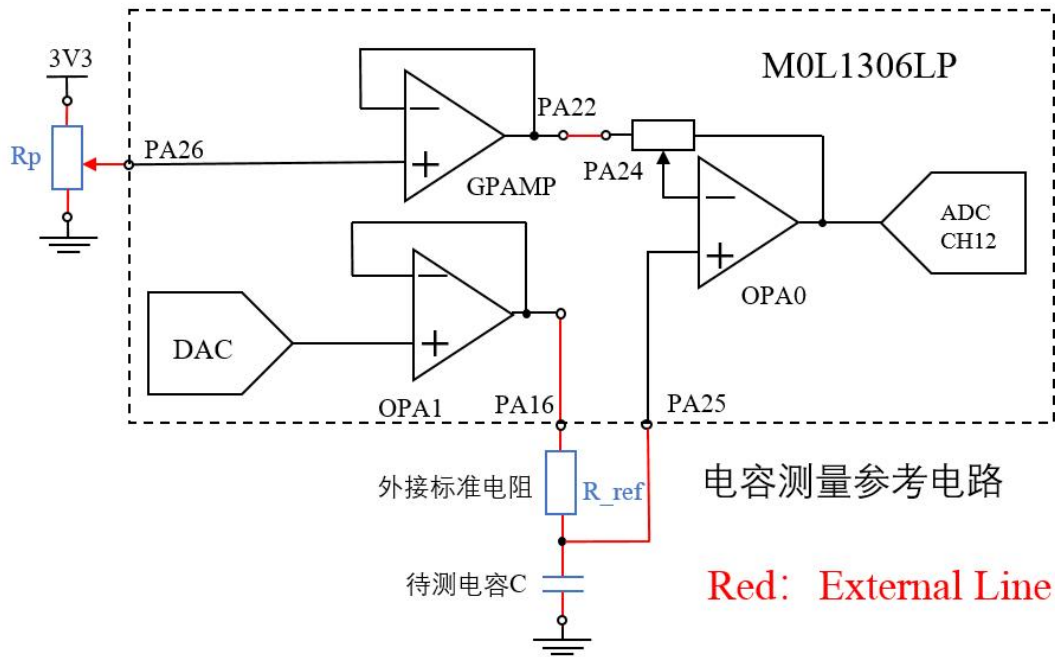
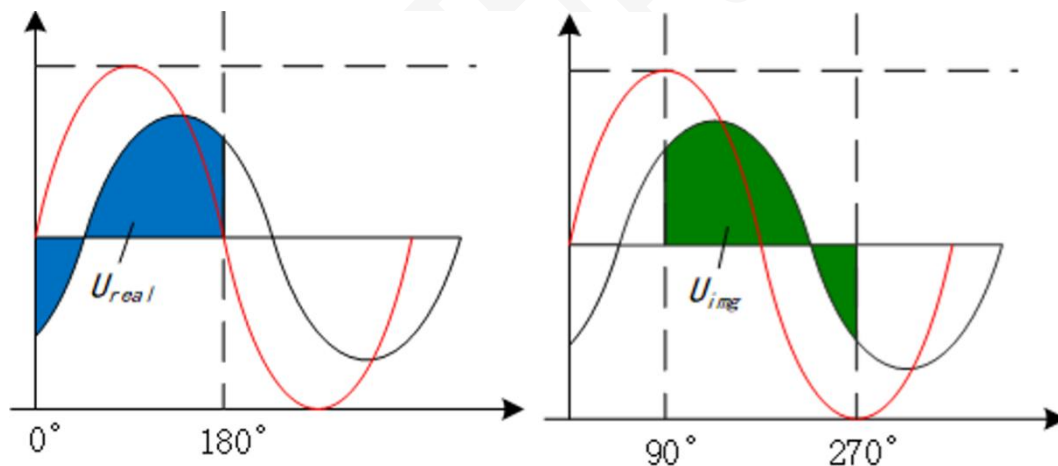


图 3 电容测量原理示意图

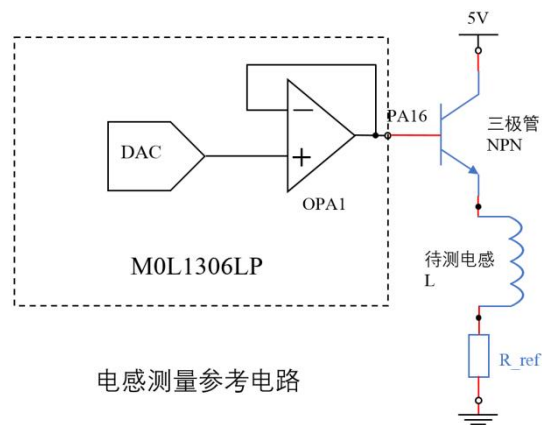
(3) 正交鉴相测量法原理

通过对分压波形 $0-180^\circ$ 以及分压波形 $90-270^\circ$ 进行积分并减去直流分量得到的两个积分值可以计算出实部和虚部电压值，实部电压和虚部电压平方和开根号就是电抗电压 U_x ，其角度就代表相位差。



(4) 电感硬件测量方案

外部元件：NPN 三极管和 R_{ref} 电阻。由 DAC+OPA1 产生正弦信号。控制内部 OPA 进行差分放大得到电感上的信号。



电感测量参考电路

图 4 电感测量原理示意图

11.2.7.4 Difference Amplifier Mode

When two or more OPAs are available on a device, two can be combined to form a difference amplifier. The output equation for the difference amplifier is given by the V_{diff} equation in Figure 11-7. The internally connected configuration for two OPAs with the output being sampled by the ADC is shown in Figure 11-8.

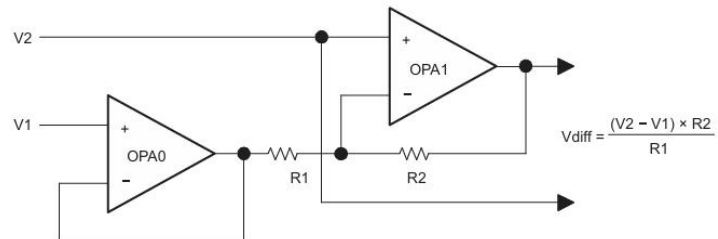


Figure 11-7. Two OPA Difference Amplifier Block Diagram and Equation

图 5 M0 系列内部运放差分使用示意图