

# #第四届立创大赛#

## 微形智能电阻电容电感电压频率二极管测试仪 (智能镊子)

Designed by X\_GY

### 一、作品详情

基于 STM32L4 的微功耗分立元件测量方案，通过模拟开关切换测量电路，使用芯片内部集成运放、比较器，最大化的使用了芯片集成功能，减少了外围器件的数量，降低生产成本。经过调试与性能测试，结果表明该方案测量精度可达±1%，达到了设计要求。可用于日常元件测量、流水线生产测量等多种场合。

功能介绍：

- 1、体积小，可随身携带；
- 2、功能多，可测量电阻、电容、电感、正电压、负电压、频率、二极管；
- 3、微形信号发生器，可输出多种波形信号；
- 4、智能姿态判断，自动判别左右手操作并切换屏幕显示方向；
- 5、镊子形态，操作简单，电容触摸键轻触换挡。

### 二、描述作品所面临的挑战及所解决的问题；

挑战 1：元件选型（模拟开关）

通过模拟开关的切换来决定测量模式，模拟开关的选型至关重要，导通电阻造成电阻测量误差，引脚电容造成电容测量误差，无法通过负电压则造成电感谐振电路不起振，因此要求模拟开关特性要为：低导通电阻、低引脚电容、能通过负电压，最终选用型号为：SGM3717， $R_{on}=4\Omega$ ， $C_{on}=24pF$ ，模拟输入范围为-2V~V+。

挑战 2：测量频率范围小

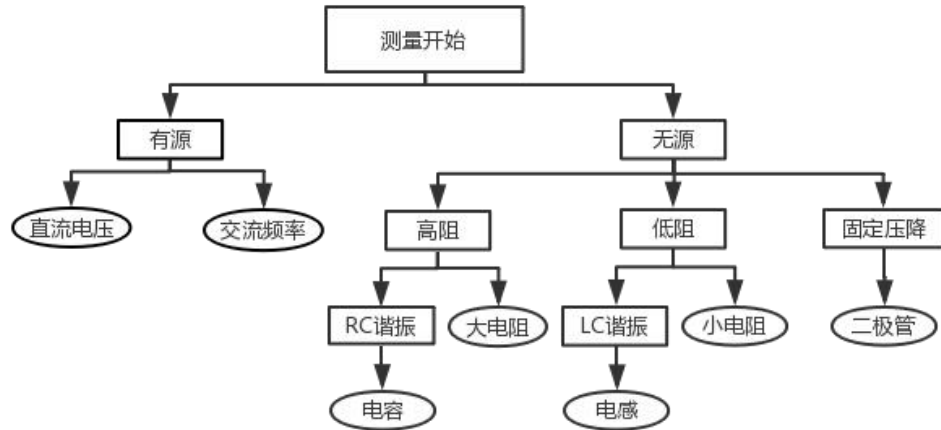
频率测量的方式根据频率高低分为低频测量、中频测量与高频测量。低频与中频测量采用高速比较器鉴别信号幅度，具有较高的灵敏度。其中 1Hz~20KHz 低频信号先测量被测信号的周期 T，根据频率  $F=1/T$  求出被测信号频率。20KHz~1Mhz 中频信号测量是在一个固定周期内对脉冲上升沿做累积计算。1Mhz~60Mhz 的高频测量则先经过内部预分频器分频，再进行脉冲计数，最高可测量至 60MHz。

挑战 3：智能判别左右手

根据加速度（传感器厂家：ST，型号：LIS2DH12）计算做姿态判断，从而识别左右手操作，自动切换显示模式，便于左右手交替操作。

#### 挑战 4：智能识别被测元件类型

可以智能排除非当前测量类型数据。并根据测量结果与元件特性判别所测元件类型，自动选择最佳量程。见流程图：



#### 挑战 5：超低功耗运行设计

动态使能与关闭 MCU 内部相关设备，超时自动进入关机休眠模式。

### 三、描述作品硬件、软件部分涉及到的关键点；

硬件关键点：谐振电路不起振、谐振范围小

电感、电容测量采用 LC 并联谐振、RC 振荡电路方案，起振条件、谐振频率及谐振范围受谐振电容、反馈电阻的影响大，使测量范围受到了限制。经调试、修改，最终电感测量范围为：1 $\mu$ H~5mH，电容测量范围为：1pF~100 $\mu$ F。

软件关键点：根据谐振频率求被测电容、电感值

由于受量程电路及器件工作速度影响，电感电容档的测量数据均为非线性变化。故此采用多段逼近法求电感电容值，并采用标准精密电容进行校准。见附图：

```
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+
// 误差校正 | 0pF | 10pF | .1nF | 1nF | 10nF | .1uF | 1uF | 10uF |
//-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
float Ct[] = {2.85e+2,3.12e+2,4.89e+2,1.56e+3,1.27e+4,1.22e+5,1.21e+6,1.18e+7};
float Cs[] = {0.00e+0,9.50e+0,9.97e+1,9.84e+2,1.00e+4,9.89e+4,9.87e+5,9.74e+6};
float Cm[] = {0.98e-3,5.62e-4,16.1e-5,0.00e-6,0.00e-7,0.00e-8,0.00e-9,0.00e-9};
float Cn[] = {3.20e-1,4.10e-1,6.50e-1,8.07e-1,8.12e-1,8.09e-1,8.28e-1,8.32e-1};
float Cp[] = {0.61e+0,2.80e+1,2.05e+2,1.28e+3,1.25e+4,1.22e+5,1.22e+6,1.18e+7};
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+=====+
```

```
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+
// 误差校正 | uH | 10uH | .1mH | 1mH | 10mH | 100mH |
//-----+-----+-----+-----+-----+-----+
float Lt[] = { 6.23e+2, 1.79e+3, 5.56e+3, 1.20e+4 };
float Ls[] = { 1.10e+0, 9.80e+0, 8.67e+1, 8.72e+2 };
float Lm[] = { 8.40e-6, 26.5e-6, 37.7e-6, 28.9e-6 };
float Ln[] = { 27.0e-3, 35.0e-3, 66.0e-3, 32.0e-2 };
float Lp[] = { 3.28e+2, 6.23e+2, 1.79e+3, 5.56e+3 };
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+
```

电压、电阻档因测量数据具有良好的线性，故采用典型的误差校正方式：

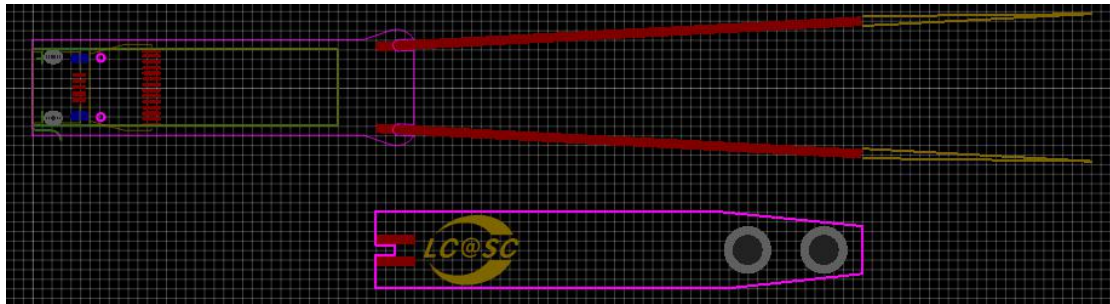
```
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+
// 误差校正 | +V | mV | -V | RH | RM | RL | CX | LX |
//-----+-----+-----+-----+-----+-----+
float K0[] = { 3.400, 1.769, 0.000, 271.5, -3.200, -3.400, 0.000, -8.700 };
float K1[] = { 11.03, 1.315, 1.000, 1.000, 1.020, 1.020, 1.000, 1.030 };
//=====+=====+=====+=====+=====+=====+
```

频率档采用精密的 32768Hz 晶振频率进行校准。确保在不同的工作温度与电池电压下具有较高的测量精度。

## 四、作品材料清单；（详见附件）

ID	Name	Designator	Footprint	Quantity
1	2k	R15, R8, R4	R0603	3
2	10u	C14, C15, C16, C6, C7, C8, C9	C0603	7
3	1u	C17, C18, C19, C20, C11, C4, C5	C0603	7
4	3.7V	LI-F01	LI-8*32	1
5	LED	D1	D0603	1
6	47k	R14	R0603	1
7	10k	R9, R12, R2, R1, R3, R13, R17	R0603	7
8	820k	R10	R0603	1
9	1k	R11, R6	R0603	2
10	100n	C10	C0603	1
11	13p	C12, C13	C0603	2
12	102	C1	C0603	1
13	105	C2	C0603	1
14	103	C3	C0603	1
15	200k	R5	R0603	1
16	OLED	M1	OLED_14	1
17	HM6236302MR	U6	SOT23-3	1
18	CE3150AM	U5	SOT23-5	1
19	X3225	X1	3215	1
20	LIS2DH12TR	U4	LGA-12_2X2MM_PITCH0.5MM	1
21	1M	R7, R16	R0603	2
22	micro USBFemale	USB1	MC-USB	1
23	STM32L432	U3	VQFN32	1
24	SGM3717YUWQ10G	U1	UTQFN-1.8*1.4-10L	1

## 五、作品图片上传；



## 六、演示您的作品并录制成视频上传；（视频见附件）

## 七、开源文档。

可提供硬件电路图（.SCH）与电路板（.PCB）文件（见附件），提供固件源文件需另签署保密协议。