

---

# 目 录

一.概述.....	1
1.1 显示.....	1
1.2 测量范围.....	1
1.3 测试频率和测试速度.....	1
1.4 电路模式.....	1
1.5 测试信号源.....	1
1.6 归零.....	1
1.7 电源.....	2
1.8 精度.....	2
1.9 环境.....	2
二.绪论.....	2
2.1 前言.....	2
2.2 控制键部件及连接.....	2
三.使用.....	5
3.1 使用常识.....	5
3.1.1 开机.....	5
3.1.2 自检.....	5
3.1.3 归零.....	6
3.2 参量测试.....	6
3.2.1 测试插座说明.....	6
3.2.2 治具或测试线的电容效应.....	6
3.3 精度.....	6
3.4 测试频率和串并联等效模式.....	6
3.4.1 法则.....	7
3.4.2 串联并联计算方式.....	7
3.4.3 电感或电容的等效串联电阻.....	8
3.4.4 电感的串并联等效电路反应被测件的物理结构.....	8
3.5 参数和档位选择.....	8
四.测试原理.....	9
4.1 仪器特点.....	9
4.2 频率和时序.....	10
4.3 模拟部分图示.....	10
4.4 数字部分框图.....	11

## 一. 概 述

### 1.1 显示

测量分别显示 L、Q;C、D;R、Q;第一显示窗以五位数字显示 L、C、R,第二显示窗以四位数字显示 D、Q。

### 1.2 测量范围

第一显示窗		第二显示窗
<b>R:1KHz</b>	<b>0.0001~9.9999M</b>	<b>D:(和 C 对应):0.0001~9.999</b>
<b>R:120Hz(100Hz)</b>	<b>0.0001~99.999M</b>	<b>Q:(和 R 对应):0.0001~9.999</b>
<b>L:1KHz</b>	<b>0.01 <math>\mu</math> H~999.99H</b>	<b>Q:(和 L 对应):0.01~999.9</b>
<b>L:120Hz(100Hz)</b>	<b>0.0001mH~9999.9H</b>	
<b>C:1KHz</b>	<b>0.1pF~999.99 <math>\mu</math> F</b>	
<b>C:120Hz(100Hz)</b>	<b>0.001nF~99999 <math>\mu</math> F</b>	

### 1.3 测量频率和测试速度

通常测试频率 **100Hz/1KHz(1000Hz)**,也可以定为 **120Hz/1KHz(1020Hz)**(这由用户具体要求而定),测试速度为每秒三次。

### 1.4 电路模式(串联、并联)

这指 **R、L 或 C** 的串联等效或并联等效计算,这由相应功能键来选择(详见面板说明)。

### 1.5 测试信号源

测试电压的有效值为 **0.25V**,电流最大值根据不同档位限制在 **25mA, 0.25mA, 2.5  $\mu$  A**。

### 1.6 归零

测量治(夹)具或测试线短接后,按归零键(见面板图),这样可以扣除其中的串联电阻或电感。

测量治具(夹具)开路后,按归零键(见面板图),这样可以扣除测量治具(夹具)电缆线的分布电容。

## 1.7 电源

90~125V(110V 供电)、180~250V(220V 供电),根据供电电压,转换后盖板上转换开关,功耗 40W~50W.

## 1.8 精度

在通常档位,R、L、C 及 ESR(串联电阻)的测量精度为 $\pm 0.2\%$ ,测量 R 的 Q 值: $\pm 0.001$ ;测量 L 的 Q 值: $\pm 0.01$ ;测量 C 的 D 值: $\pm 0.0005$ ;所谓通常档位,指 D $\ll 1$ ,具体说明如下:

当  $Z_L \leq Z_X \leq Z_H \rightarrow$  LCR: 0.2%                      DQ 精度:0.25%  
 $Z_X < Z_L \rightarrow$  LCR:  $(Z_L/Z_X) \times 0.2\%$               DQ 精度:  $(Z_L/Z_X) \times 0.25\%$   
 $Z_X < Z_H \rightarrow$  LCR:  $(Z_X/Z_H) \times 0.2\%$               DQ 精度:  $(Z_X/Z_H) \times 0.25\%$

这里  $Z_X$ :被测件阻抗

$Z_L$ :某一档位下限

$Z_H$ :某一档位上限

ZL ,ZH	R	L	C
120Hz	2 $\Omega$ , 2M $\Omega$	2mH,2000H	2nf,2000 $\mu$ F
1K Hz	2 $\Omega$ , 2M $\Omega$	0.2mH,200H	0.2nF,200 $\mu$ F

## 1.9 环境

温度:使用: 0~50 $^{\circ}$ C 之间,-40~75 $^{\circ}$ C 贮存.

湿度:0~85% R.H. 之间使用.

## 二. 绪 论

### 2.1 前言

该系列 LCR 阻抗测试仪使用方便,精心的设计及高可靠的元器件确保了仪器测试速度、精度及可靠性.

强有力的归零功能使您运用自如.

仪器有 3 个档位供你选择,面板 BNC 插座供四端点测试.

### 2.2 控制键、部件及连接

图 2.1 是仪器面板的控制键及部件,由表 2.1 叙述了它的功能和名称,图 2.2 是后盖板图,由表 2.2 具体描述.

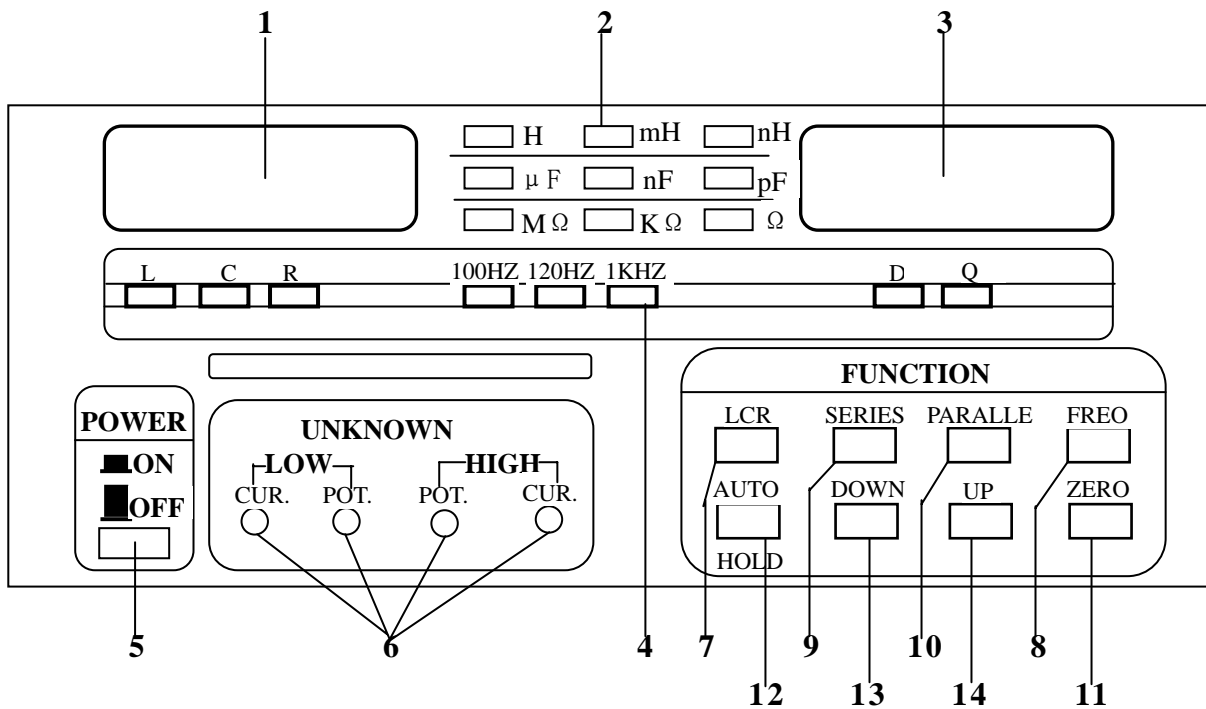


图 2.1:DL100 面板示意图

	概 述	功 能
1	LCR 显示窗 6 位数码显示,和 L,C,R 光点指示配合使用.	显示测量值 (见 1.1 及 1.2 说明)
2	测量值的单位 R: MΩ, KΩ, Ω C: μF, nF, pF L: H, mH, μH	显示测量值和 ESR(串联电阻) 的单位.
3	显示窗 D 或 Q 相应光点亮, 表示选中该参量	测量 C 显示 D 值 测量 L 或 R 显示 Q 值.
4	频率显示	测试中选择 1KHz、120Hz, 1KHz、100Hz

5	电源开关 推推开关(反复推 完成开和关)	在 ON 状态下为接通电源, 在 OFF 状态下为切断电源, 状态见按键上下的黑白标志.
6	BNC 插座 共四个连接端	用于连接测试线或相应 治具(夹具)
7	L,C,R 转换键 (见序号 1 说明)	选择 R,L,C 的测量,相应 光点亮表示选中该参量
8	频率键(见序号 4 说明)	选择测试信号的频率
9	串联选择键,按该键 LED 亮, 表示选中串联测试模式.	被测件参量用等效串联 模式加以计算
10	并联选择键,按该键 LED 亮 表示选中并联测量模式	被测件用并联模式 加以计算
11	归零键 按该键 LED 亮表示仪器 选中归零功能	测 L,R 时,先将测试端 短路,仪器归零,仪器将 自动扣除引线串联电阻 或电感,测 C 时归零(将 测试端开路),将自动扣除 测试线或治具(夹具) 的分布电容.
12	自动,手动转换 该键中 LED 亮,表示 选中自动档位键.	在测试中自动换档
13	向下跳档键(DOWN)	按一次向下跳一档,在最低 档时按该键不起作用.
14	向上跳档键(UP)	按一次向上跳一档,在最高 档按该键不起作用.

表 2.1:图 2.1 面板控制键、部件名称及功能

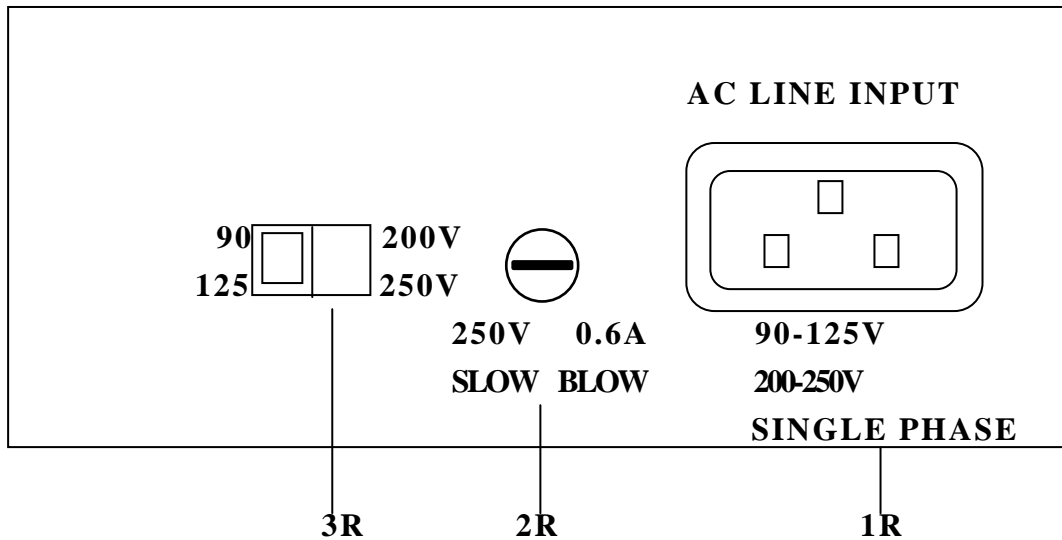


图 2.2:DL100 后盖板部件分布图

- |   |                 |
|---|-----------------|
| <p><b>1R</b> 电源插座</p> <p>使用单相三线安全插座</p> | <p>交流电源输入</p>   |
| <p><b>2R</b> 保险 0.6A 慢速</p>             |                 |
| <p><b>3R</b> 转换开关(115V/220V)</p>        | <p>根据供电电压决定</p> |

### 三. 使用方法

#### 3.1 使用常识

使用该仪器请仔细阅读说明,按照一定顺序开机,注意各类参量(L,C,R)的测量方法.

##### 3.1.1 开机

插电源插座之前,注意仪器后盖板上的电源电压选择开关位置.  
正确的开机步骤:

- a. 连接电源之前,先检查后盖板上的电源电压选择开关是否和供电电压相符,电源频率必须是 50Hz 或 60Hz,电压是:90~125V 或 200~250V,仔细检查后插上电源线.
- b. 按电源开关于 ON 位置,自检开始,仪器在电源接通时自动开始自检,重新开机即再次自检.

##### 3.1.2 自检正常后,按相应控制键.

- ★ 参量选择:根据被测件用 L,C,R 键选择 L,C 或 R.
- ★ 频率:根据需要用“FREQ”键选择测试信号频率(120Hz/100Hz,1KHz)
- ★ 等效电路模式:串联等效(SERIES 或 SER)并联等效(PARALLEL 或 PAR)
- ★ 档位:使用“**AUTO**”,“**DOWN**”,“**UP**”键,选择自动换档时 

<b>AUTO</b>
<b>HOLD</b>

键上 LED 亮,若选手动方式为固定档位,按上键使 LED 熄灭.

### 3.1.3 归零

见第二章 2.2 第 11 项叙述.

## 3.2 参量测试

已充电的电容测试前必须放电,如果被测电容上的充电电压超过 60V,尽管测试输入端接有保护电路,测试中放电过程仍会损坏仪器.

### 3.2.1 测试插座说明:

IL(电流源低端)	左	I-
PL(测试点低端)	左靠中	P-
IH(电流源高端)	右	I+
PH(测试点高端)	右靠中	P+

### 3.2.2 测试治具或测试线的电容效应

测试治具或测试线应使用分布电容很小的屏蔽电缆,在测量大电感时减小谐振效应是提高测试精度的保证.

任何治具(夹具)都附加一点电容,等效为以并联的方式加到测试端,这是因为屏蔽层和蕊线之间有分布电容存在,测试端和地之间也有分布电容,按归零可修正分布电容的影响.

## 3.3 精度

在一定的测试范围内,仪器精度为 R、L、C 显示值的 0.2%,超过这个范围的测试精度见 1.8.

### 3.4 测试频率和串并联等效模式

被测参量的阻抗值不是很大,可任选 1KHz 或 120Hz(100Hz)测试信号源,测量大于 10M $\Omega$ 、1000 $\mu$ F 或 1000H 用低频测试源测试,选择串并联不受限制.

参量 L、C、R 测试依据一定的法则,选择二种等效模式中的一种(许多阻抗测量不需选择串联等效或并联等效,但仪器总是选中其中一种)接近“纯”电阻或“纯”电抗,串联模式与并联模式等效测量值近似相等.但当 D、Q 接近 1 时使用串并联模式就有一定的差别.接近“纯”电阻,“纯”电抗和测试频率有关,D、Q 接近 1 或测试频率接近测试端谐振频率也和测试信号频率密切相关.

### 3.4.1 法则

电阻低于  $1\text{K}\Omega$ , 选择串联  $120\text{Hz}(100\text{Hz})$  通常称为直流电阻测量, 选择低频减小交流影响, 选串联模式减小被测件等效串联电感的影响。

电阻大于等于  $1\text{K}\Omega$ , 选择并联  $120\text{Hz}(100\text{Hz})$ , 选择低频减少交流影响, 选择“并联”, 是因为测量过程中出现电抗部份, 等效为被测件并联一个电容呈现的高电抗, 用并联模式减小这种影响, 如果  $Q < 0.1$ , 已存在小电容影响。

电容小于  $2\text{nF}$ , 选择, 选择串联  $1\text{KHz}$ , 选用高的测试信号可提高测试精度, 同样能测量大于  $1000\mu\text{F}$  以上电容。

电感小于  $2\text{mH}$ , 用串联  $1\text{KHz}$ , 选择高测试频率可提高测试精度。

电感大于  $200\text{H}$ , 用串联,  $120\text{Hz}$ , 选择低测试频率可提高测试精度, 可测量大于  $1000\text{H}$  以上的电感。

### 3.4.2 串联并联计算方式(图 3-1)

#### 电阻和电感

#### 电阻和电容

$$X = \omega L$$

$$Z = R_s + j\omega L_s$$

$$X = \frac{1}{\omega c}$$

$$Z = R_s + \frac{1}{j\omega C_s}$$

$$Z = \frac{j\omega L_p R_p}{R_p + j\omega L_p}$$

$$Z = \frac{R_p + jQ^2\omega L_p}{1 + Q^2}$$

$$Z = \frac{R_p}{1 + j\omega R_p C_p}$$

$$Z = \frac{D^2 R_p + 1/(j\omega C_p)}{1 + Q^2}$$

$$Q = \frac{1}{D}$$

$$Q = \frac{\omega L_s}{R_s}$$

$$Q = \frac{R_p}{\omega L_p}$$

$$D = \frac{1}{Q}$$

$$D = \omega R_s C_s$$

$$D = \frac{1}{\omega R_p C_p}$$

$$L_s = \frac{Q^2}{1 + Q^2} L_p$$

$$L_s = \frac{1}{1 + D^2} L_p$$

$$C_s = (1 + D^2) C_p$$

$$C_p = \frac{1}{1 + D^2} C_s$$

$$L_p = \frac{1 + Q^2}{Q^2} L_s$$

$$L_p = (1 + D^2) L_s$$

$$R_s = \frac{D^2}{1 + D^2} R_p$$

$$R_p = \frac{1 + D^2}{D^2} R_s$$

$$R_s = \frac{1}{1 + Q^2} R_p$$

$$R_p = (1 + Q^2) R_s$$

$$R_s = \frac{D}{\omega C_s}$$

$$R_p = \frac{1}{\omega C_p D}$$

$$R_p = \frac{1}{G_p}$$

$$R_s = \frac{\omega L_s}{Q}$$

$$R_p = Q \omega L_p$$

$$R_p = \frac{1}{G_p}$$

$$B_p = \frac{1}{X_p}$$

$$B_p = \frac{1}{X_p}$$



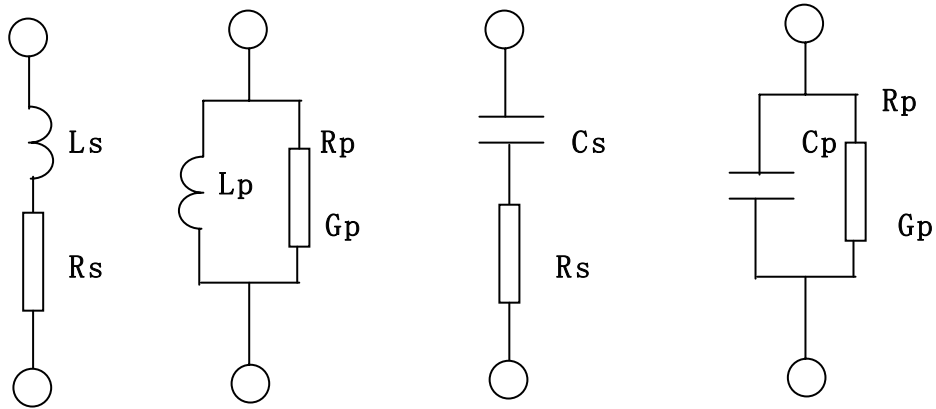


图 3.1:串联模式或并联模式时的等效电路

使用仪器理解测试结果时应考虑到这个概念;任一频率下用串联或并联模式等效,任何阻抗既不是纯电阻也不是纯电抗。

在串联或并联模式等效为电阻电抗的一定相接,如图 3.1 所示,选择串联时等效时测量值是  $R_s$  ,  $L_s$  或  $C_s$  , 选择并联等效时测量值是  $R_p$  ,  $L_p$  或  $C_p$  .

### 3.4.3 电感或电容的等效串联电阻

电容的总损耗可用不同方式表达,这包括  $D$  和“ESR”(ESR 即串联等效电阻,Equivalent Series Resistance),同样电感测量也可用相同方法表达,DL100LCR 表可显示  $C$  值和 ESR 或  $L$  值和 ESR,  $C$  或  $L$  的 ESR 在同一窗分二次显示,注意这时应选择串联等效,如果显示 ESR 值,根据需要在 LCR 键中选择  $C$  或  $L$  ,再按 AUTO 键使 LED 熄固定档位,再按 LCR 键选  $R$  ,就能直接测量 ESR,即  $C$  或  $L$  的 ESR 在同一档位测量。

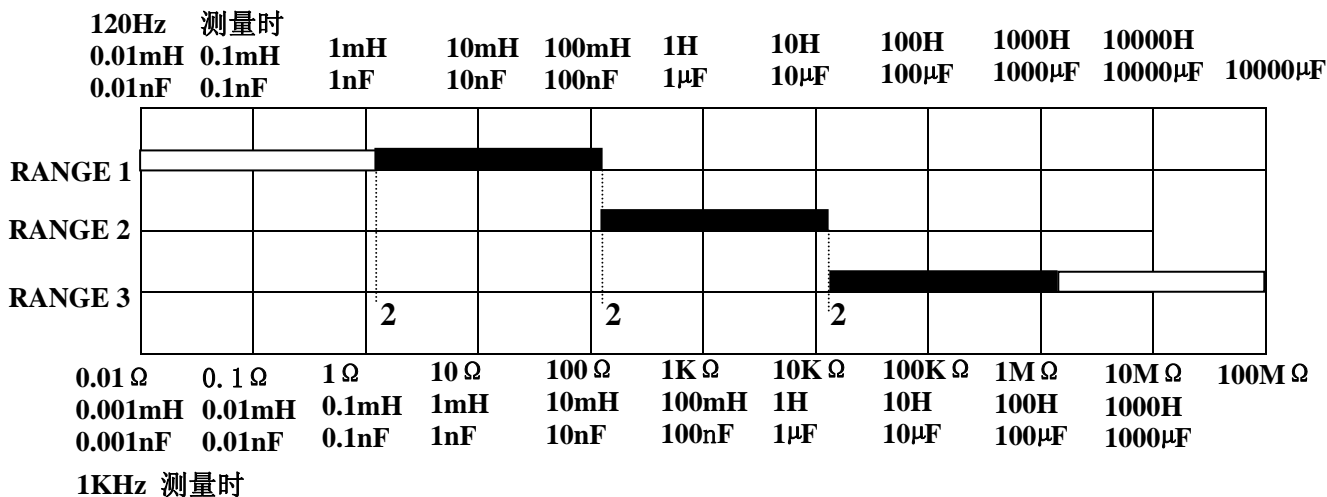
### 3.4.4 电感的串并联等效电路反应被测件的物理结构

低频测量时用串联等效比较合适,其损耗的有效机理是线材的“欧姆损耗”或“铜耗”,如果电感中用到磁蕊,高频等效损耗是铁耗(涡流及磁滞现象),这时用高频源及并联等效比较合适,高频测试时还要考虑测试端影响,但在 1KHz 和 120Hz (100Hz)测试时测试值很可能是一致的。

### 3.5 参数和档位选择

按 LCR 也就相应选择  $L/Q$  ,  $C/D$  或  $R/Q$  ,仪器允许向下选档,选择较小数位显示,但精度下降,正确档位选择见图 3-2,注意器件的本身原因引起的误解(例如:电感应考虑实际存在的分布电容和电阻影响,而这些参量不能分开,易被误解)。

测量档位见图 3-2



■ 表示自动档位下有最高精度（0.2%）范围

□ 表示自动档位下不在最高精度范围

图 3.2:档位精度示意图

#### 四. 测 试 原 理

##### 4.1

LCR 测试仪采用矢量电压电流测试原理,由微处理器控制相敏模数(A-D)转换器,测量加在被测件上的矢量电压和电流,本机分别对 0°、90°、180°、270° 四相位电压、电流进行八次测量,再按复数欧姆定律计算出元件的各参数值,有效地提高了整机的测量精度.

测试原理见图 4.1

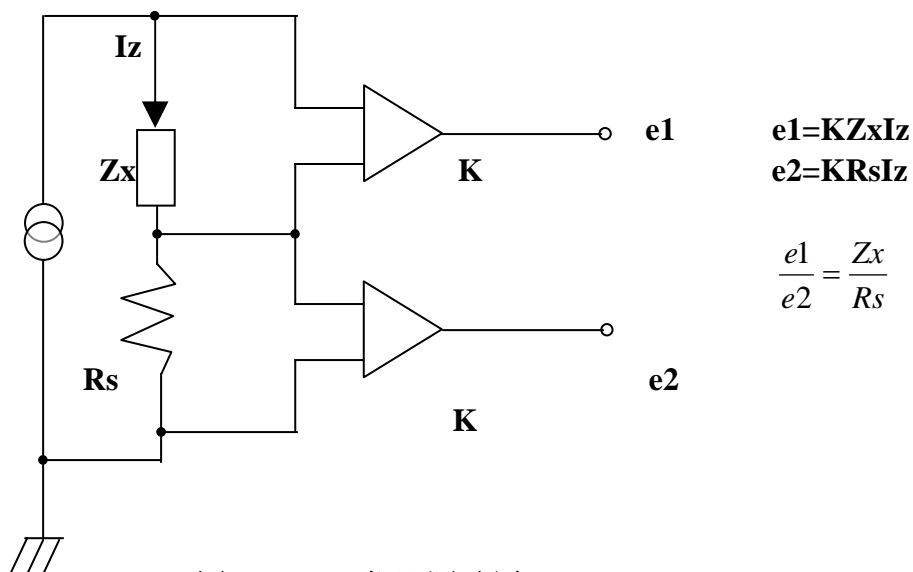


图 4.1:LCR 仪器测试原理

矢量电压加在被测件  $Z_x$  及标准电阻  $R_s$  间, 在  $Z_x$ 、 $R_s$  中产生电流  $I_z$ , 因为不能控制通过  $Z_x$  的电流, 单独测量电流是无意义的, 两个增益相同的差分放大器中, 输出  $e_1$ 、 $e_2$ , 测量值  $e_2$  的作了电流-电压变换,  $e_1$ 、 $e_2$  两个测量值的比值抵消了检测中的转换系数。

相敏检测器的模数转换要加以适当的修正因子, 抵消测试中的固定误差, 这些都是高精度测量的保证。

#### 4.2 频率和时序

振荡源使用晶振产生 25M 左右的信号, 此方波经过一系列分频后提供微处理器时钟脉冲, 同步信号及测量频率基准源. 由分频器获得的倍频形式在地址选择信号 ( $2F, 4F, \dots$ ) 送入正弦波产生器并经滤波功率放大后加到被测件  $Z_x$  上. 测试信号源的移相由微处理器控制。

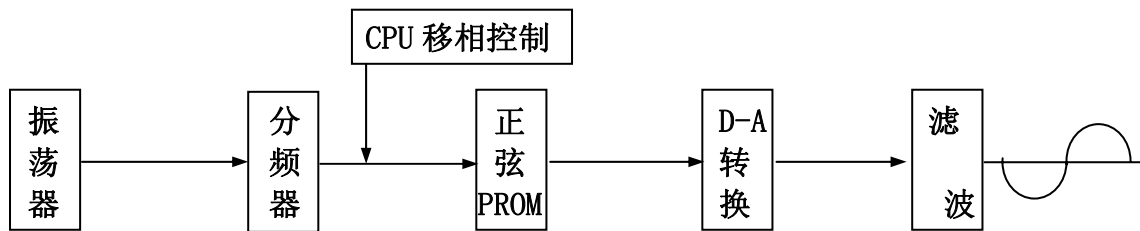


图 4.2: 正弦信号源产生框图

#### 4.3 模拟部份图示

流经  $Z_x$  的信号电流经电流-电压转换后, 由多路开关分时通过增益控制及滤波处理, 最后由相敏 A-D 变换电路转换成数字量送给微处理器, 微处理器计算修正后得出被测物的参数送显示器显示。

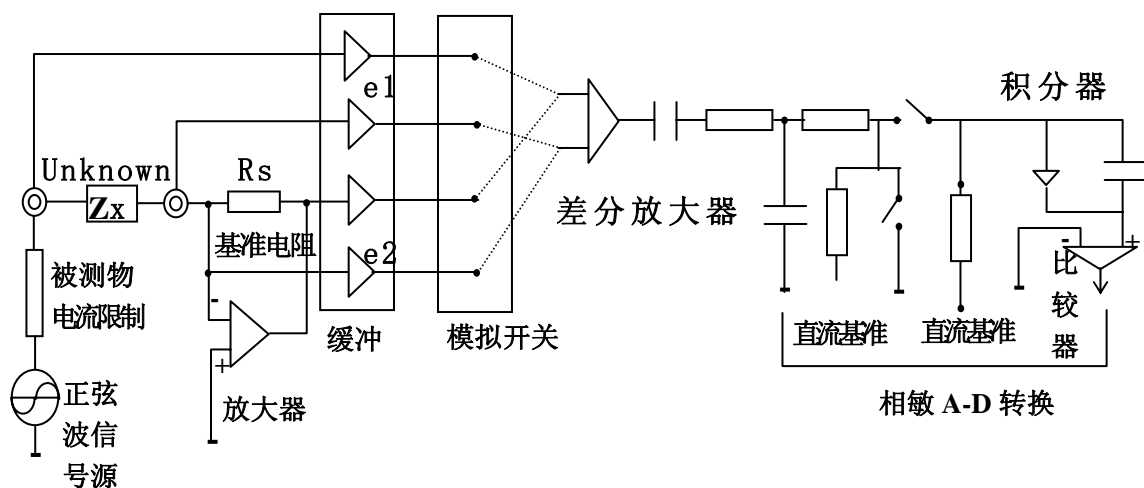
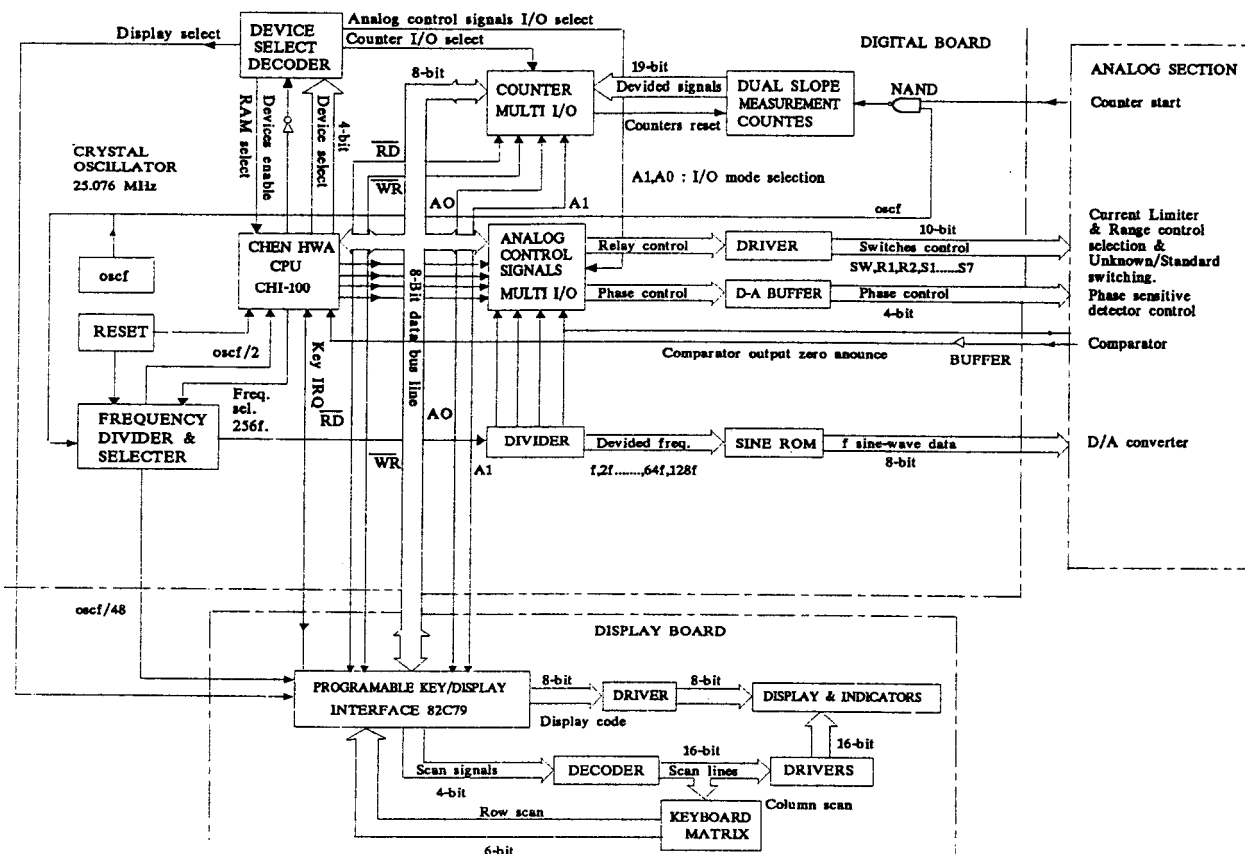


图 4.3: 模拟量测试及 D-A 转换

该仪器不需加以校整, 仪器精度由五个标准电阻决定, D 值或 Q 值根据设置的测试信号频率及选中的标准电阻由微处理器计算得出。

#### 4.4 数字电路分框图



4.4 数字电桥部分流程图