浙江大学实验报告

专业：
姓名：
学号：
日期：2026-05-31
地点：东 3-308

课程名称：电工电子学实验　指导老师：　成　绩：
实验名称：直流稳压电源　实验类型：验证型　学　期：2025-2026 春夏

一、实验目的和要求　二、实验内容和原理
三、主要仪器设备　四、实验数据记录和处理
五、实验结果与分析　六、讨论、心得

一、 实验目的和要求

(1) 掌握单相桥式整流电路的工作原理，理解交流电经整流后形成单向脉动电压的过程。

(2) 观察不同滤波电路对输出电压纹波的抑制效果，比较滤波前后输出平均值和交流分量有效值的变化。

(3) 理解三端集成稳压器 7812 的基本工作原理和使用方法。

(4) 掌握直流稳压电源主要技术指标的测试方法，包括输出电压、纹波系数、输出电流、输出电阻和稳压性能。

二、 实验内容和原理

1.直流稳压电源组成

直流稳压电源通常由变压、整流、滤波和稳压四个环节组成。交流输入经电源变压器降压后得到副边交流电压 U_2，再经桥式整流得到单向脉动电压，经电容滤波后减小纹波，最后由稳压电路输出较稳定的直流电压。

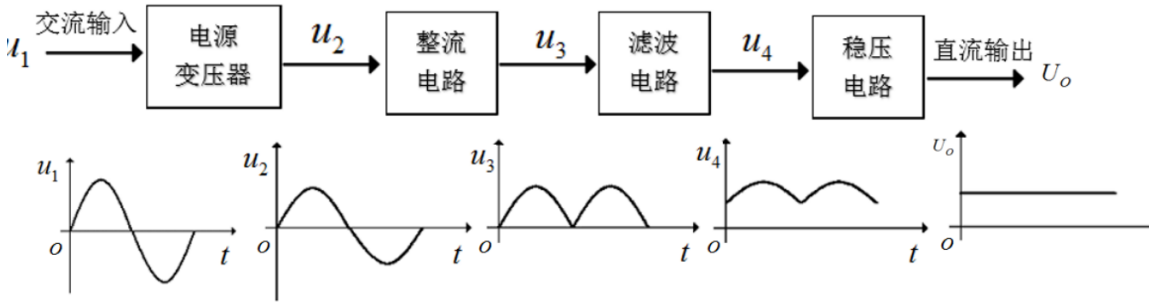


图 1: 直流稳压电源原理框图

2.单相桥式整流电路

单相桥式整流电路由四个二极管构成。利用二极管的单向导电性，在交流电压的正、负半周内分别由不同的二极管支路导通，使负载 R_L 上得到方向不变的脉动电压。理想情况下，负载电压平均值与变压器副边电压有效值之间近似满足

$$U_L = 0.9U_2.$$

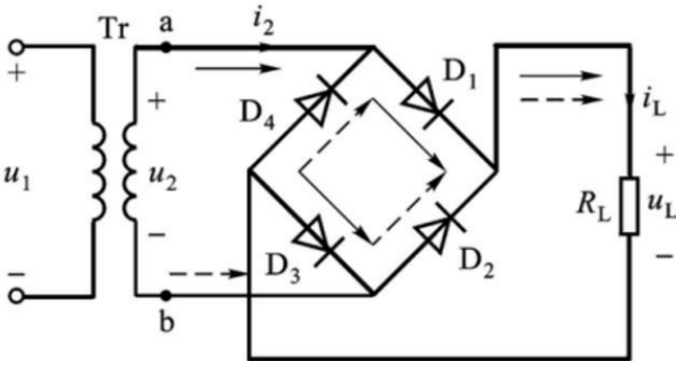


图 2: 单相桥式整流电路

3.电容滤波电路

桥式整流后得到的电压仍含有较大的交流脉动分量。并联滤波电容后，电容在电压升高时充电，在电压降低时通过负载放电，从而减小输出电压的起伏。电容容量合适时，输出电压平均值可近似表示为

$$U_L \approx 1.2U_2.$$

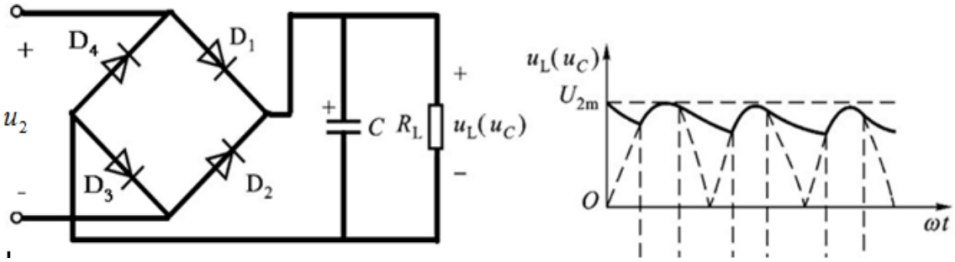
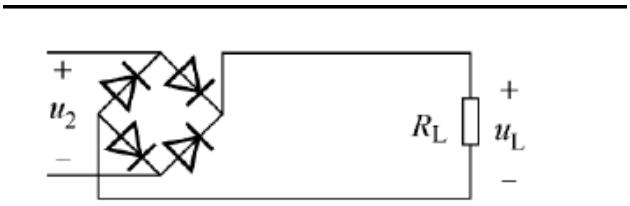
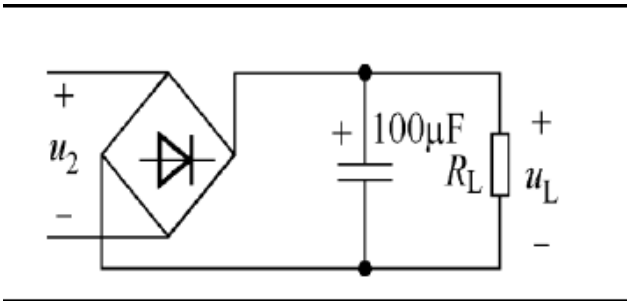


图 3: 电容滤波电路及输出波形示意

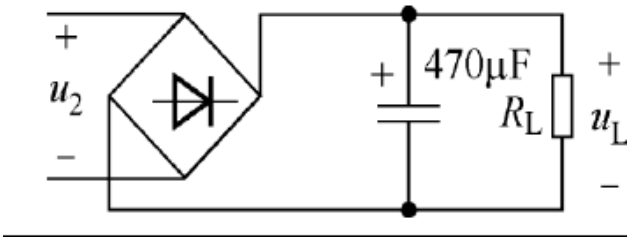
本实验表 5.22-1 中四种整流、滤波电路按课件表格中电路图从上到下的顺序记录。为便于排版，图 4 将四个电路排成两行两列，按左上、右上、左下、右下依次对应本报告数据表中的电路 1 至电路 4。



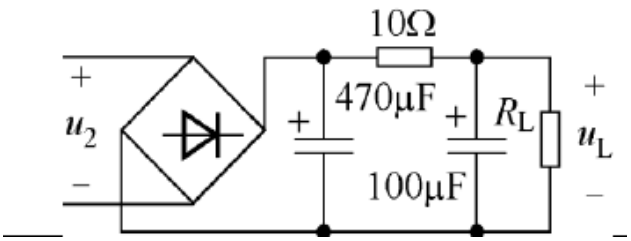
(a) 电路 1



(b) 电路 2



(c) 电路 3



(d) 电路 4

图 4: 表 5.22-1 中四种电路图，按左上、右上、左下、右下对应电路 1 至电路 4

4.集成稳压电路与性能指标

集成稳压电路在整流滤波电路后加入三端稳压器。本实验使用 7812 芯片；当输入电压足够高时，输出可稳定在约 12 V，当输入电压低于稳压条件时，输出不能稳定在 12 V。

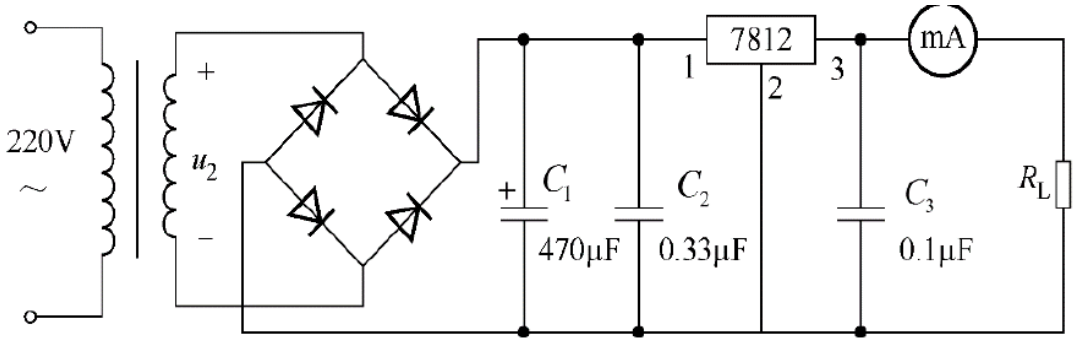


图 5: 整流、滤波、稳压电路

纹波系数用于描述输出电压的脉动程度，定义为输出电压中交流分量有效值 $\tilde{U}_L$ 与输出电压平均值 U_L 之比：

$$\gamma = \frac{\tilde{U}_L}{U_L}.$$

输出电阻表示输入交流电压 U_2 保持不变时，负载变化引起的输出电压变化量与输出电流变化量之比：

$$r_0 = \frac{\Delta U_L}{\Delta I_L}.$$

稳压系数表示负载保持不变时，输出电压相对变化量与输入电压相对变化量之比：

$$S = \frac{\Delta U_L / U_L}{\Delta U_2 / U_2}.$$

三、 主要仪器设备

(1) 模拟电子技术电路实验箱及直流稳压电源模块。

(2) 双踪数字示波器，用于观察直流耦合和交流耦合下的输出波形并读取测量值。

(3) 数字式万用表，用于测量变压器副边交流电压有效值。

(4) 函数信号发生器、导线及实验箱内的整流桥、三端稳压器、电容、电阻等元件。

四、 实验数据记录和处理

1.单相整流、滤波电路

取变压器二次侧标称 15 V 档作为整流电路输入，实测 $U_2 = 16.4453$ V，负载电阻 $R_L = 240\ \Omega$。四行数据严格对应图 4 中左上、右上、左下、右下的电路顺序。纹波系数按 $\gamma = \tilde{U}_L / U_L$ 计算。

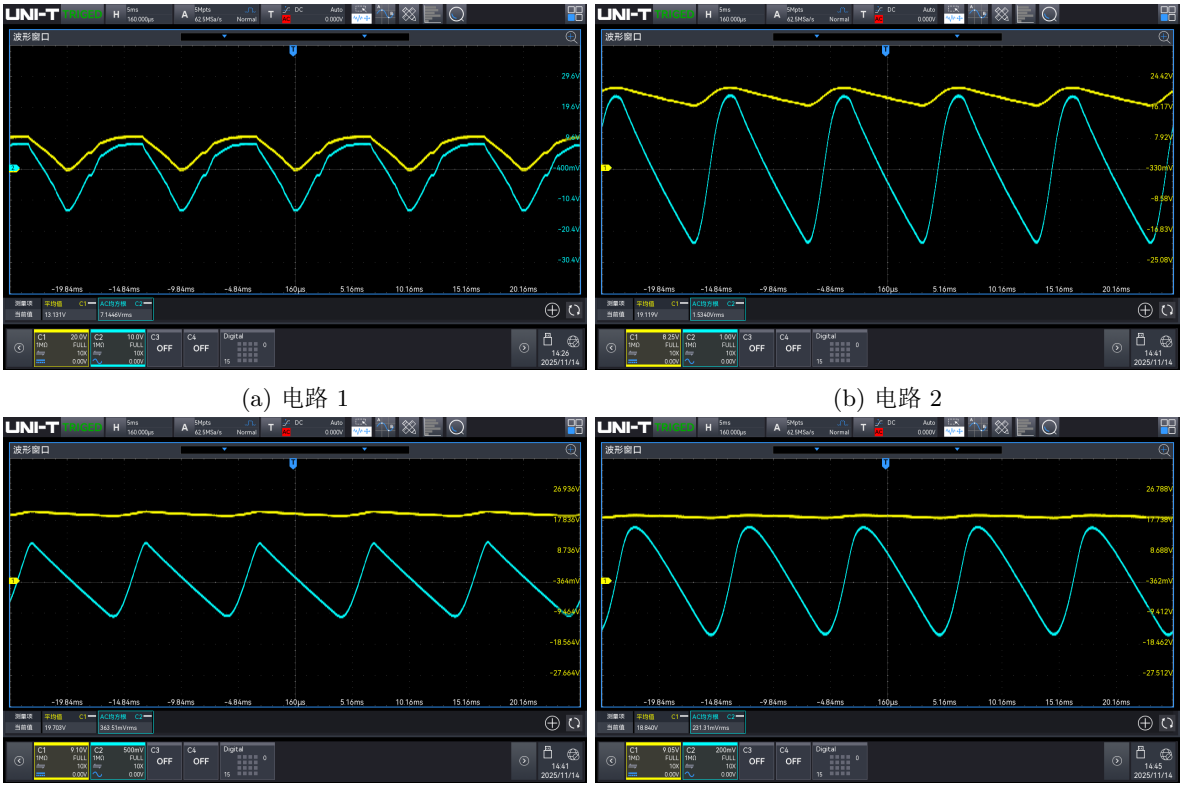
表 1: 单相整流、滤波电路测量结果

电路	U_L/V	$\tilde{U}_L$/V	γ	γ/%
1	13.131	7.1446	0.5441	54.41
2	19.119	1.5340	0.08023	8.02
3	19.703	0.36351	0.01845	1.84
4	18.840	0.23131	0.01228	1.23

以电路 1 为例：

$$\gamma_1 = \frac{7.1446}{13.131} = 0.5441.$$

其余电路按同一方法计算。对应波形见图 6。黄色通道采用直流耦合，用于读取输出电压平均值；蓝色通道采用交流耦合，用于观察纹波并读取交流分量有效值。



(a) 电路 1　(b) 电路 2

(c) 电路 3　(d) 电路 4

图 6: 表 5.22-1 四种电路的输出波形

2.负载变化时的集成稳压电路

按图 5 连接整流、滤波、稳压电路，取变压器二次侧标称 15 V 档作为输入。本组负载实验中实测输入电压为 $U_2 = 16.4453$ V。输出电流采用间接法计算：

$$I_L = \frac{U_L}{R_L}.$$

表 2: 负载变化时的稳压电路测量结果

R_L/Ω	U_L/V	$\tilde{U}_L$/mV	I_L/mA	$\gamma/10^{-4}$	r_0/Ω
∞	12.014	2.7550	0	2.293	/
240	12.014	3.2674	50.06	2.720	/
120	12.009	3.3493	100.08	2.789	0.050

其中 $R_L = 120\ \Omega$ 时：

$$I_L = \frac{12.009}{120} \times 10^3 = 100.08\ \text{mA}.$$

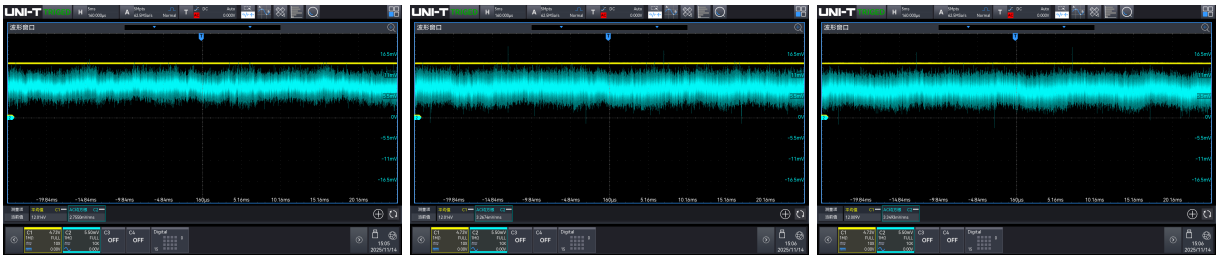
输出电阻用空载与 120 Ω 负载两点估算：

$$r_0 = \frac{|12.009 - 12.014|}{|0.10008 - 0|} \approx 0.050\ \Omega.$$

若改用 240 Ω 与 120 Ω 两点计算，则

$$r_0 = \frac{|12.009 - 12.014|}{|0.10008 - 0.05006|} \approx 0.100\ \Omega.$$

两种估算约在 $0.05 \sim 0.10\ \Omega$ 范围内。由于 $R_L = \infty$ 与 $R_L = 240\ \Omega$ 时示波器底部测量栏读到的平均输出电压均为 12.014 V，输出电阻计算对末位读数很敏感，因此本实验更适合据此判断输出电阻很小，而不宜把 r_0 的末位数字作精确结论。



(a) $R_L = \infty$　(b) $R_L = 240\ \Omega$　(c) $R_L = 120\ \Omega$

图 7: 表 5.22-2 不同负载下的输出波形

3.输入电压变化时的集成稳压电路

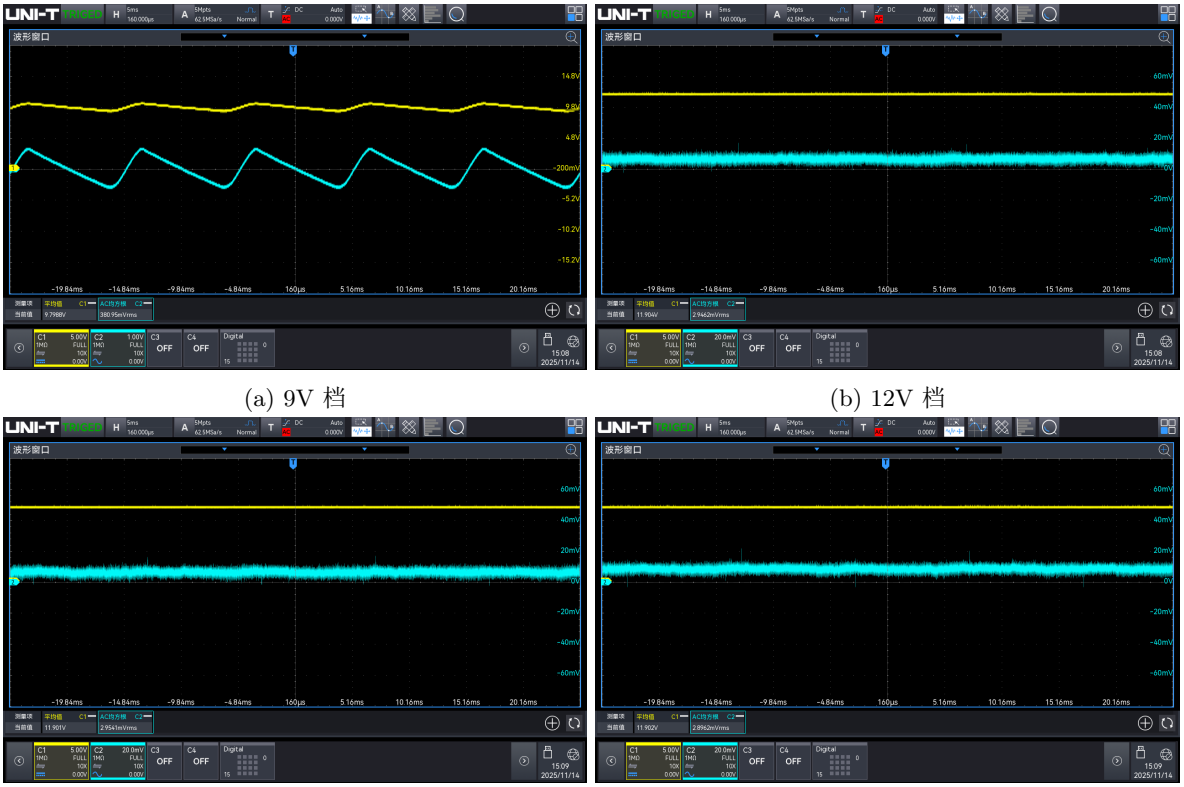
保持 $R_L = 120\ \Omega$ 不变，重新切换变压器二次侧抽头，完成表 5.22-3。该组数据是在固定负载后重新测得的，因此 15 V 档的实测 $U_2 = 16.0924$ V，与表 1 和表 2 中的 16.4453 V 略有差异。后续计算均采用各表中对应的实测输入电压。输出电压和纹波电压来自对应截图底部测量栏。稳压系数以 12 V 档为参考点计算；9 V 档未满足 7812 稳压条件，不计算正常稳压系数。

表 3: 输入电压变化时的稳压电路测量结果

变压器抽头	U_2/V	U_L/V	$\tilde{U}_L$/mV	$\gamma/10^{-4}$	S
9V 档	9.7759	9.7988	380.95	388.77	/
12V 档	12.9153	11.904	2.9462	2.475	/
15V 档	16.0924	11.901	2.9541	2.482	0.00102
18V 档	19.4032	11.902	2.8962	2.433	0.000334

以 15 V 档相对 12 V 档为例：

$$S = \frac{|11.901 - 11.904|/11.904}{|16.0924 - 12.9153|/12.9153} \approx 0.00102.$$



(a) 9V 档　(b) 12V 档

(c) 15V 档　(d) 18V 档

图 8: 表 5.22-3 不同输入抽头下的输出波形

五、 实验结果与分析

1.桥式整流输出电压关系

表 1 中电路 1 为未加电容滤波的桥式整流电路，测得 $U_L = 13.131$ V。若按理想关系 $U_L = 0.9U_2$，由实测输入 $U_2 = 16.4453$ V 得

$$0.9U_2 = 14.801 \text{ V}.$$

此时实测值比按实测 U_2 得到的理想值低约 11.3%；若按标称 15 V 计算，$0.9U_2 = 13.5$ V，与实测值的差约为 2.7%。电路 1 的平均输出电压与桥式整流的数量级关系一致，但它不是无损理想电路：整流桥中每个导通回路包含两个二极管压降，变压器和实验箱连线存在内阻，负载接入后副边电压也会随测量状态变化。因此这里更适合把 $0.9U_2$ 作为理想参考，而不是要求实测值与其完全一致。

2.不同滤波电路的滤波效果

从电路 1 到电路 4，$\tilde{U}_L$ 由 7.1446 V 降至 0.23131 V，纹波系数由 54.41% 降至 1.23%。直接桥式整流时交流分量约为直流平均值的一半，因此图 6(a) 中波形起伏很大；并联电容后，电容在峰值附近充电、在两峰之间向负载放电，输出电压不再每半周降到接近零，纹波随之减小。

电路 2 和电路 3 均为电容滤波，其中 470 μF 的电路 3 相比 100 μF 的电路 2，纹波系数由 8.02% 降至 1.84%，说明容量增大后放电时间常数增大，输出保持能力更强。电路 4 中加入 10 Ω 电阻及两级电容滤波后，纹波进一步

降至 1.23%，是四组中最小的；但平均输出电压从电路 3 的 19.703 V 降到 18.840 V。这说明串联电阻参与滤波的同时也带来压降，不能只看纹波大小，还要看输出电压损失。

3.集成稳压器稳压性能

表 2 中，当负载从空载变为 120 Ω 时，输出平均电压由 12.014 V 降至 12.009 V，下降约 5 mV。与此同时输出电流由 0 增至约 100.08 mA，估算输出电阻约为 0.05 ∼ 0.10 Ω。负载变重时纹波从 2.7550 mV 增至 3.3493 mV，但相对纹波仍只有 10^{-4} 量级。由此可见，7812 在该负载范围内带载能力较强，不过输出仍存在毫伏级变化。

表 3 中，12 V、15 V、18 V 档下输出电压分别为 11.904 V、11.901 V、11.902 V，最大差值仅 3 mV。输入电压从 12.9153 V 增加到 19.4032 V 时，输出电压没有随输入电压同步升高，计算得到的稳压系数为 10^{-3} 量级或更小，说明 7812 在满足输入条件后可以有效抑制输入波动。

9 V 档时，$U_2 = 9.7759$ V，输出电压为 9.7988 V，明显低于额定的 12 V，且纹波系数升至 388.77×10^{-4}。该点已脱离正常稳压区，输出更接近整流滤波后的输入水平，因此不适合用来计算正常稳压系数。这说明 7812 只能在输入电压满足条件时降压稳压，不能把不足 12 V 的输入升到 12 V。

六、 讨论、心得

本实验通过整流、滤波和稳压三个层次观察了直流稳压电源的形成过程。桥式整流后的输出仍有较大脉动，不能直接看作稳定直流；电容滤波的作用主要体现在降低交流分量有效值，而不是简单改变输出极性；三端稳压器则在滤波基础上进一步压低负载变化和输入变化带来的输出波动。

实验数据也暴露了几个测量上的限制。首先，整流输出平均值会受到二极管压降、负载状态和实际输入波形的共同影响，因此与 $0.9U_2$、$1.2U_2$ 这类经验公式比较时，应说明所用的是标称值还是实测值。其次，稳压电路输出电压变化只有毫伏量级，用示波器底部读数估算 r_0 时，相对误差会被放大。最后，示波器直流耦合用于读平均值，交流耦合用于读纹波有效值，两者不可混用；连接电路时还要区分交流地和直流地，否则可能改变被测电路的实际参考点。