

示波器接地与高压测试注意事项

目前市面上绝大多数的示波器都是非隔离示波器，也就是示波器把信号参考端子接到保护接地系统上，也就是我们说的接地。示波器的所有测量端子参考地和机箱地都连在一个公共连接点，这个公共连接点一般就是我们常说的三孔插头的接地端。

有一些使用场合，工程师习惯把三孔电源线的接地端剪掉或掰断，然后让示波器处于浮地状态下进行使用，如图 1-1 所示。但这样的使用会存在一定的风险和危害，接下来我们具体分析。



图 1-1 示波器电源插头地线断开

浮地使用的风险与危害

1、触电风险

我们先来看一个示波器内部电源部分的电路图，如图 1-2 所示。从图中我们可以看到在 L 和 N 之间有两个 Y 电容，主要起到滤波保护的作用，并抑制共模干扰，其属于安规电容，正常接地情况下即便电容器失效也不会导致电击，不会危机人身安全。但当电源插头保护地断开时，220V 电压经 Y 电容分压，中间 110V 电压直接加在示波器金属壳体上，即金属壳体上存在 110V 交流电压，当人触碰到带电区域时则会发生被针扎一样的触电现象，存在一定的触电风险。

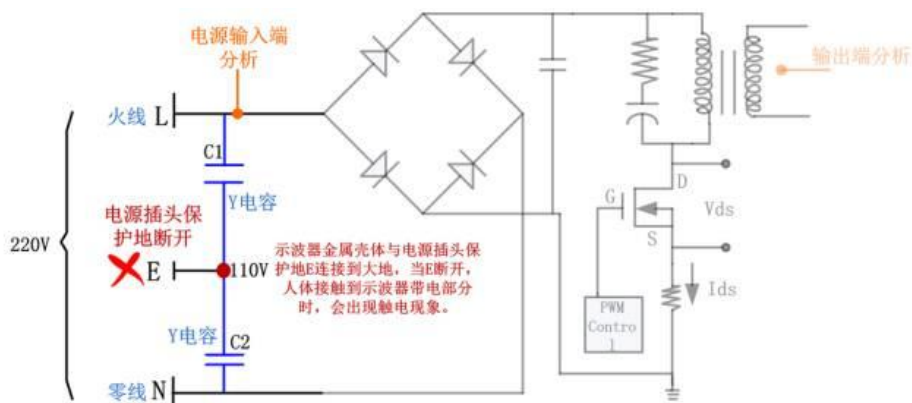


图 1-2 Y 电容分压电路

2、人体电击危险

将示波器插头的保护地断开后，直接使用普通无源探头与被测高压模块相连，也就是示波器金属壳体（内部屏蔽壳和裸露在外的 BNC 头）、探头接地端和被测高压模块负端在同一电平上，都相对大地浮空，具有一定的高压 V ，如图 1-3 所示。当人体直接接触示波器导电部分时就相当于直接接触被测高压模块，导致高压电流直接经过人体流入大地，可能导致严重的人身伤害，甚至导致死亡！因此“浮地”测量是非常危险的做法。

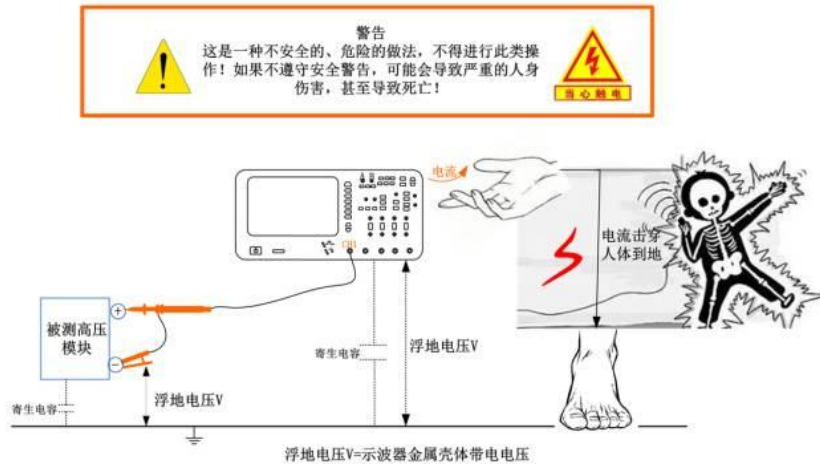


图 1-3 浮地测量危害

3、参数测量不准确

如上分析当进行浮地测量时，示波器电源与大地之间会产生很大的寄生电容和寄生电感。在较高频率上，断开电源线的保护地可能并不会断开接地环路，所以在测量时除了测探头两端之间的回路信号，还会加入“虚拟”接地环路的信号，由此发生的振铃会使信号失真，导致测量数据不准确，如图 1-4 所示。

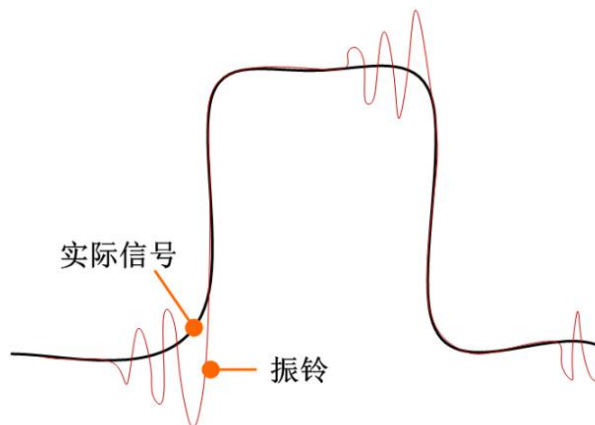


图 1-4 振铃现象

4、示波器和被测电路损坏

高压情况：由于示波器与真实地之间存在较高的浮地电压，电荷会积累到示波器的绝缘装置上，这是一种隐形的危害，会使示波器在以后的使用中发生故障。由于探头的地是与示波器内部的地相连，也就是和外壳相连，当示波器外壳带的电荷较多时，会导致烧坏探头，最终引发一系列事故。

高寄生电容情况：由于高寄生电容的存在，被测器件会有小火花的现象，也可能会损坏被测电路。

在实际测试需求当中，我们不可避免的会进行高压信号的测试，那么如何进行高压测试呢，下面我们分析几种高压测试的方法和差异。

测量高压电源的方法

1、浮地测量法

通过第一部分分析，我们知道这是一种既不安全又不准确的方法，如图 1-5 所示。因为浮地后示波器与大地的寄生电容会使信号发生振铃现象，导致信号失真，所以我们并不推荐。

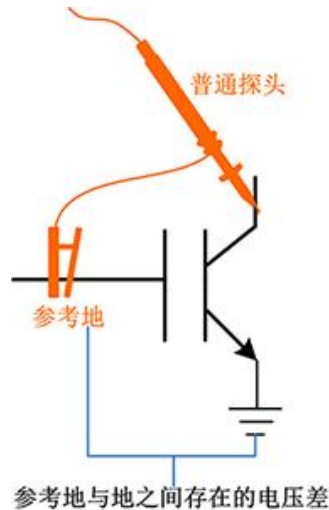


图 1-5 浮地测量

2、AB 伪差分法

在有限的条件下，为确保安全，我们可以使用两个普通无源探头分别测量两端的电压，之后相减得到两点的信号差，如图 1-6 所示。这种方法安全，但不准确，因为这种方法的共模抑制比会很差。

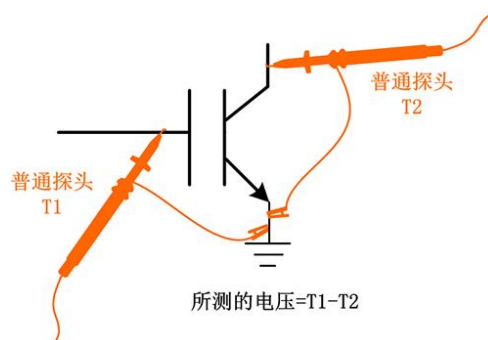


图 1-6 AB 伪差分法

3、高压差分探头测量法

这是一种既安全又准确的方法。当测量高压信号时，高压差分探头具有一定的隔离作用，可直接测量高压信号，如测量电网的输入，无需隔离被测电路或示波器，如图 1-7 所示，若换成普通无源探头是十分危险的。

当测量差分信号时，建议使用高压差分探头，因为差分信号是不共地的，比如 CAN 信

号，而若使用两个普通的探头会发生短路现象。

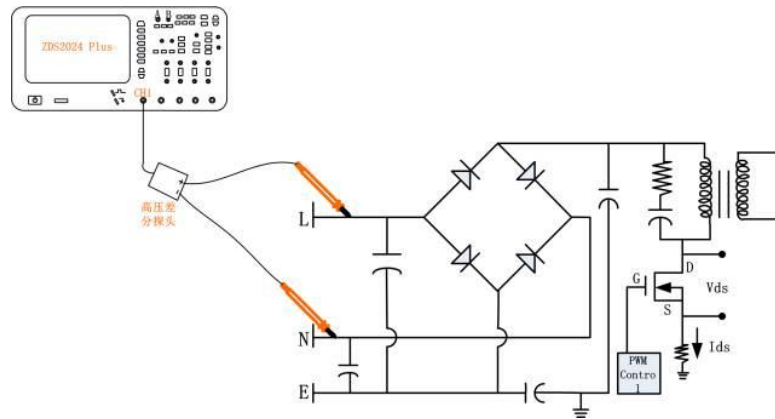


图 1-7 高压差分探头测量法

高压差分探头特点介绍

以致远电子 ZP1500D 高压差分探头为例，其主要的配件包括高压差分探头主体、电源适配器、红黑鳄鱼夹、红黑探针，如图 1-8 所示。



图 1-8 高压差分探头及其配件

在使用高压差分探头时，需要注意以下事项：

1、信号范围

测量前要了解所测的电源的电压峰值有多大，是否超过探头的最大量程范围，如图 1-9 所示。ZP1500D 的带宽为 100M/5M，单端对地输入阻抗为 $5M\Omega$ ，输入电容为 4Pf。探头有两个档位供选择，若电压峰值范围在 150V 以下可使用 1/50 档，若电压峰值范围在 150V 以上 1500V 以下建议使用 1/500 档，注意对应的示波器上通道探头比例也要进行设置。

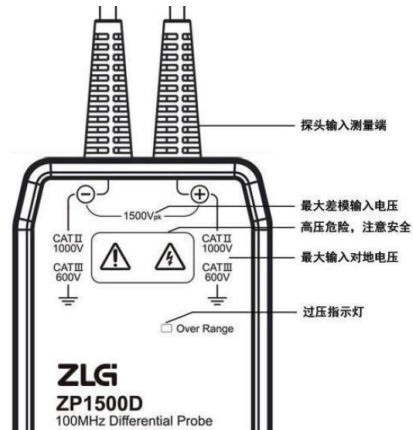


图 1-9 差分探头标识

2、接线方式

测量时尽量使用输入线双绞的方式进行测量，如下图 1-10 所示。使用双绞方式可以减少环路面积，降低空间磁场的拾取，从而减少噪声的干扰，提高测量的准确性。特别是在电磁辐射比较强的环境下，使用双绞线可以有效的减少噪声的干扰。

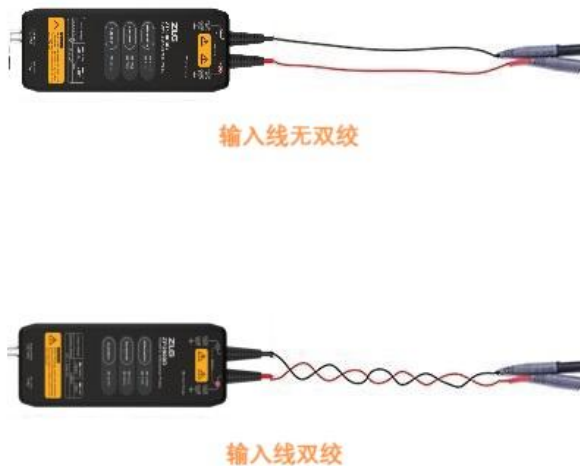


图 1-10 双绞接线

此外尽量不要使用延长线。延长线使输入电容增大，产生信号反射，会降低探头带宽，使无法测量高频信号。在测量频率超过 10MHz 时不建议使用延长线，如果必须额外加长输入线，要保证两根延长线要延长相同的长度且测量输入的信号频率不得超过 10MHz。

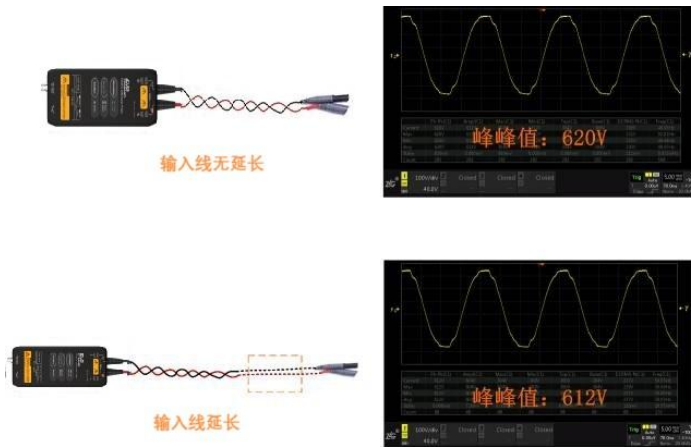


图 1-11 使用延长线与不使用延长线测量对比

从图 1-11 可以看出输入线延长对电压的幅值产生了一定的影响，使用延长线时，建议要对两输入线进行双绞，这样可以避免更多的干扰，测量更精确。

3、共模抑制比（CMRR）

共模抑制比是指差分探头在差分测量中抑制两个测试点共模信号的能力，共模信号通俗的说就是干扰信号，所以探头差分放大电路抑制共模信号的能力越强，放大器的性能越好，探头性能就越强，其公式为：

$$CMRR=|A_d/A_c|$$

其中 A_d 为差分信号的电压增益， A_c 为共模信号的电压增益。 A_d 的值越大证明差分信号增益越大，对信号越有利。

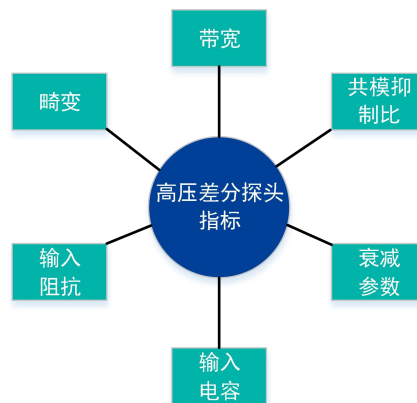


图 1-12 差分探头指标

接地问题在示波器的使用当中会经常遇到，如果处理不好会对测量结果造成影响，甚至威胁设备安全与人身安全，所以在使用示波器时，希望大家能够充分了解自己的测试需求和测试环境，确保正确的测试方法。