

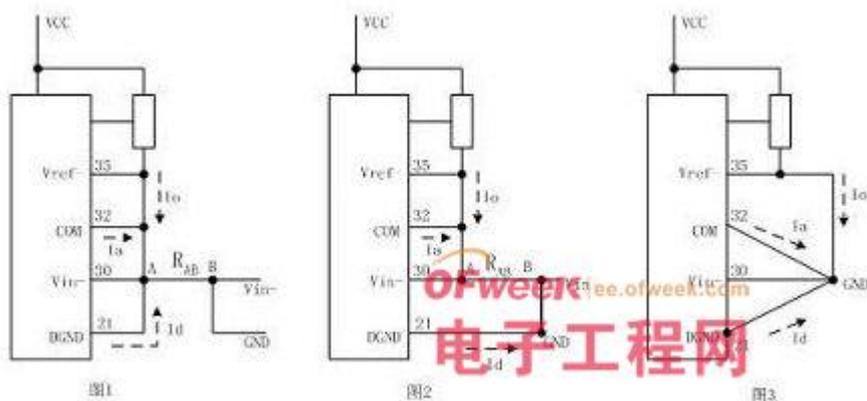
电路设计中的“接地”方法

接地是电路设计中最基础的内容，但又是几乎没人说得清的，几乎每次的培训和交流都会有人问到“老师，有没有一种通用的接地方法可以参考啊？”如果想知道这个问题的答案，请继续耐着性子读下去。

我先给出一个斩钉截铁的答案：“没有”。那咋办呢，我们总不能像中国的厨师一样，教徒弟炒菜时，用到的配料都是“少许”“颜色微黄”“微焦”等感觉性词语吧，当然不是。为了更好的明了接地的技巧方法，下文中将不再讲究任何的文字技巧，而是一针见血的道出接地问题的本质来。

接地方式 ← 接地目的 ← 接地的功能，所以采取哪种接地方式，要看地是哪类地，这类地的作用目的是什么，这两个问题解决了，接地方式则可水到渠成。

接地的目的决定了接地方式。同样的电路，不同的目的，可能都要采取不同的接地方式。这个观点一定记住。比如同样的电路，用在便携设备上，静电累积泄放不掉，接地的目的是地电位均衡；用在不可移动的设备上，一般会有安全接地措施，对静电泄放的接地目的是导通阻抗足够低，尤其是对于尖峰脉冲的高频导通阻抗。



一下讲解地的注意事项分成几个独立的观点分别介绍，每一条的内容虽然简单，建议一定反复读上N遍，象面对一杯好茶，让心跳在60bpm以下的状态，细细的品，感觉其中的美感和内涵。然后才可能从简单的词语中悟出深刻的道理来。

从性能分，接地分成四类：

安全接地、工作接地(数字地、模拟地、功率器件地)、防浪涌接地(雷击浪涌、上电浪涌)、防静电接地。

前文书中讲过，“接地的目的决定了接地方式”，目的即指其实现的功能。基本上所有的接地都可以归结到这四类里面来。每个接地前都要先明确该接地属于哪一种。

接地追求的目标是地阻抗低、地稳定、地均衡

地阻抗低很好理解，用粗的线缆即可，但有一个问题一定不能忽视，比如我通过一个大电感接地了，如果地线上跑的地电流的波动频率是 0.00000001Hz ，这个大电感的感性效应表现得就很不明显，等同于直接接地了，但如果波动电流是 $1,000,000\text{Hz}$ 的话，感抗 $=j\omega L = j2\pi fL$ ，就显得很大了，这种情况下，相当于高频接地很差。各位看官可能会说了，你胡来吧你，谁会用个大电感接地呢，第一是在某种状态下会有这种方式的，第二是即使不这样接个电感，普通电缆的走线电感在高频下也是不容忽视的。总结为一句话，低频接地 \neq 高频接地。即低阻抗的接地要分析是属于高频还是低频的接地。

地稳定是比较好理解的，一般来说，接地阻抗足够低的话，地电流泻放容易，且不会在底线上产生啥子压降，就如一个超大的电容，电荷的海洋，具有无限宽广的胸怀，多少进来都波澜不惊。

地均衡比较容易被忽视，对于一个信号来说，有用部分是两条线上的压差，如果地线漂移了，两条线上对地线的压差同等的上升或下降，即差模电压值维持不变，共模电压发生变化，其实电路功能是照常实现的。就像水涨船高，您比我高 3cm ，站在船上，船上浮了，您依然还是高我 3cm 。这种情况在静电防护的时候常用到，一个静电脉冲通过空气打到电路板上，针对局部的电路，距离远近的不同，肯定会导致产生静电感应的压差。这时候用一块金属板隔一下的话，即使该金属板浮空，对金属板后面的电路板来说，感应的将是均匀的电场，虽然感应干扰仍然存在，但起码电路上是基本均衡的。当然如果此金属板接地更好啦。当然共模电压一般不会维持住，因为传输线的阻抗不均匀，往往会转成差模电压干扰，地均衡的问题最好不要让我们面对，但没办法的时候，如浮地设备，不得不受到静电冲击的电路板，防护时候要考虑地均衡问题。

共地阻抗耦合干扰

共地阻抗耦合干扰是接地里面每天都要面对的核心问题，并且几乎逃避不开。就像电影院里散场的时候，你从最里头的一号厅出来，没几个人，走来很通畅，突然二号厅也散场了，一下子通道就拥挤了，再继续前行，坏了，三号厅正在放观众入场，一下子，人流就波动起来了。这和共地阻抗是一个原理，信道相当于地线，人相当于电流。如果一、二、三号厅流动的人差不多，相互之间影响不太大，但如果3号厅是大厅，人员是一、二号厅的好多倍，那进出三号厅的人员将会对一、二号厅人员流动速度的影响很大。一、二、三号艇的客人都要走过的这段路就成了共地阻抗。

以下图为例，图1中，RAB段的电阻就是共地阻抗部分，流过这段的地电流 I_o 、 I_a 、 I_d 三部分在这段会相互影响；如果这三个电流差别较大，差出了1-2个数量级的话，相互之间的影响就不可以忽视了，尤其是某个弱地电流支路是用于

定量测量、放大或 AD 转换电路的时候；图 2 则把 Id 对另外两个之路的影响隔离掉了；图 3 则是三个地电流全部分别隔离了。

较通用型的接地方法

这个标题用了个“较”字，是有原因的，因为通用的接地方法根本不存在，这只是个基础的模型，真正使用中的时候，还需要结合实际情况灵活变通处理，就像语言，同样一句话“你讨厌”，用不同语气讲出的时候，传递的信息可是千差万别。基本思路是，在设计上，把安全保护地、工作数字地、工作模拟地、工作功率地、雷击浪涌地、屏蔽地先确保各自独立的单独连接，最后在系统联调的时候，再根据各地之间要解决的问题，即根据接地的目的，将这几个地按照下列的之间的联接方式处理下，连接方式包括：

a 地——地间黄绿导线直联

这种接法最好理解，就是简单的使两个地可靠的低阻抗导通。但切记，此种接法仅限于中低频信号电路地之间的接法。因为这类导线上有一定的走线电感和走线电阻，对高频波动地电流，在电感作用下，电缆起到的是大阻抗的作用，相当于低频接地，高频下大阻抗接地了，基本不能实现高频下的可靠导通。

b 地——地间宽扁平电缆直联

扁平电缆主要是解决上面导线直联不能解决的问题，静电测试工作台的接地电缆不用直线就是这个道理，它在高频下可以实现地阻抗对地导通。

c 地——地间大电阻连接

大电阻的特点是一旦电阻两端出现压差，就会产生很弱的导通电流，把地线上电荷泻放掉之后，最终实现两端的压差=0V，这个特点在希望电荷泻放，但又不希望快速泻放的时候，会表现得淋漓尽致。生产工作现场的防静电台垫，导通电阻一般是 10⁶-10⁹ 欧，就是这个目的。防静电台垫相当于是工作电路板的地与保护大地间的大电阻。c 地——地间电容连接 电容的特性是直流截止，交流导通，对希望实现这类功能的场合可以考虑采取此方法。比如一个开关电源供电的产品，外壳和保护接地连接，里面的电路板上的地有杂乱波动干扰，但又无处泻放的话，在 24V、12V、5V 等的直流电源地与保护接地间跨接大电容，波动可以被泻放掉，但直流成分能保证是较稳的；注意，这种情况下，保护地和外壳地的稳定不能保证的话，效果可能会适得其反。

d 地——地间磁珠连接

在这里，磁珠的特性需要明确一下，很多工程师经常把磁珠与电感划等号，这是根本性错误。磁珠等同于一个随频率变化的电阻，它表现的是电阻特性，是耗损性质的；电感则是储能性质的，相当于削峰填谷。所以跨接磁珠的地之间一般是有快速小电流波动的状态，因为磁珠会饱和，电流太大了，它消耗不了。一般用在弱信号的地——地之间。

e 地——地间电感连接

电感具有抑制电路状态变化的特性，通过电感的连接，可以销峰填谷，对于有较大电流波动的地——地，跨接电感可以解决这个问题。

f 地——地间小电阻连接

小电阻要解决的问题是增加了一个阻尼，阻碍地电流快速变化的过冲，在电流变化时候，使冲击电流上升沿变缓，相当于晶振输出端、总线输出端为减少过冲振铃的匹配电阻。

安全地、防雷击浪涌接地的接法

因为雷击浪涌、安全地的电流一般会远大于信号电流对人的危害，这两个接地建议分别单独接到大地，在真正的大地处单点相接，尤其是防雷击接地。

这篇文章耗时大约月余，各种思路一直盘旋于心，却有无从做起，在我的身上，也印证了接地这个问题与我们的关系，最熟悉又最陌生，最简单又最复杂，最易上路又最难达到终点。希望通过粗浅的总结，为我们浮在云里雾端的接地设计提供一个落地的云梯，使接地的设计真正能接到地气上来。