



认识共模干扰与 差模干扰 V1.0

2014.01.26

--By: Mythink

目 录

1、什么是共模与差模	1
1.1、共、差模信号	1
1.2、电源线何来共模、差模干扰之说.....	2
2、电源、地线出现共模和差模的原因.....	3
2.1、电源线出现差模信号	3
2.2、电源线上出现共模干扰.....	4
3、本章精要	5

本章讨论的是经典的共模与差模干扰问题。假如你已经知道了共模、差模是什么东西且有自己的见解，那么不必看第一节，直接看第二节即可。因为第二小结讨论的共模问题是日常很多人都忽略的问题。

注意：下文中通常说的“电源线”通常包括电源线和地线，甚至是端电源系统导线的总称。

1、什么是共模与差模

有些人自认为对共模与差模已经很了解了——“对于电信号，同相位的信号叫共模、反相位的信号叫差模”。这个虽然笼统，但是并没有错。能说出这个似乎对共模与差模还真有理解，但是假如仅仅停留在这个阶段，平时闲侃还可以，但是要真正去解决问题，恐怕只能靠一些运气。

笔者对该命题了解不是非常透彻，但是经常发现日常常见的错误观点，在此指出，以助入门摒弃对理论的误解，在实际解决问题时更加有理论依据、更有把握。

1.1、共、差模信号

物理学的“运动”中，必须有 2 个以上的物体，并以其中一个为参考系（点），这样才知道 A 对 B 物体是否有“运动”。

同理，差模与共模也是这样。有两条导线相对于大地才能较好地做出判定“这两条线是否有差模或共模”出现。

图示是网络上经常看到的关于解释共模与差模信号的图。左右两图都有三根线——A、B 两根信号线和地线。一般的解释大致都说：左图 A、B 两根信号线上的波动方向（相位）相同，所以是共模信号；右图 A、B 信号线的波动方向（相位）相反，所以是差模信号。

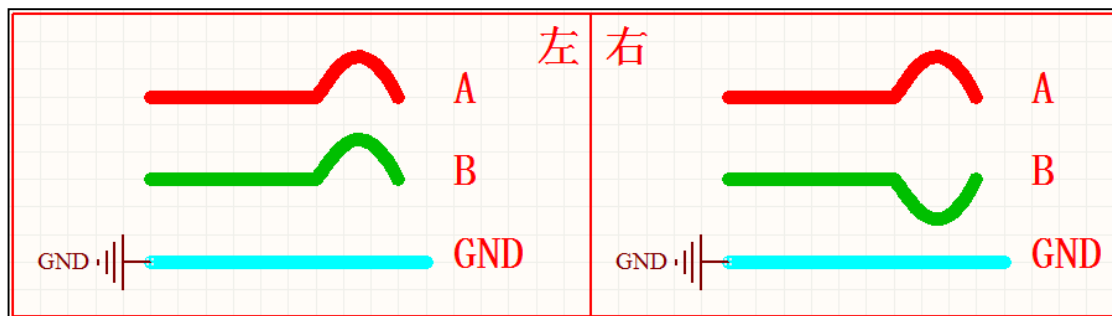


图 1.1-1

这种解释没错，只是不够严谨，所以很多初学者理解错了，把一根线相对于大地也认为是共模、差模。甚至，把共模、差模这两个名词作为技术的时尚名词，这个大可不必。

对上面解释共模、差模的观点，我个人理解如下：（1）三个物体相比较，才有共模差模之说：日常中两根线（比如电源线和地线）出现的共模、差模，其实是默认以大地或“电位差与大地保持不变的电势点”作为电平参考点（看，这里



有：电源线、地线、大地三个物体)。这个就像物理学中的“A 物体是运动的”，其实蕴含了用大地作为运动参考系一样。(2) 从以上的观点出发，一根线与大地间（只有两个比较物体），不存在共模、差模信号。但是，假如将差模的定义放宽为“相对的电势变化”，那么一根信号线与大地间也可能存在差模。但一根线相对于大地不存在共模。

1.2、电源线何来共模、差模干扰之说

电源线的共模、差模，其实说的是电源、地线与大地作为参考时，存在共模（或差模）信号干扰。只是在日常使用中把参考的大地略掉（就像日常说“那辆车开得好快”，而不是说“那辆车相对于地面开得非常快”），但是初学者必须得注意这个问题。

2、电源、地线出现共模和差模的原因

有些人说电源线怎么可能出现共模、差模信号呢？有人说，电源线出现差模容易理解，但是电源线的共模如何理解？你能举出一个例子分析吗？

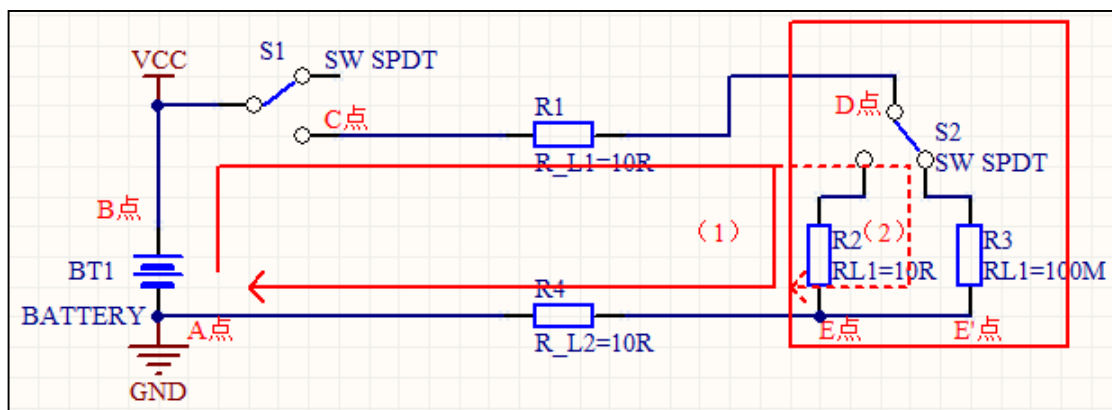
实际上，电源线有很多种情况下可能出现共模、差模信号，下面举一个日常常见的例子说明。

2.1、电源线出现差模信号

当然，严谨来讲是“电源、地线相对于大地出现差模信号”。分析如下：

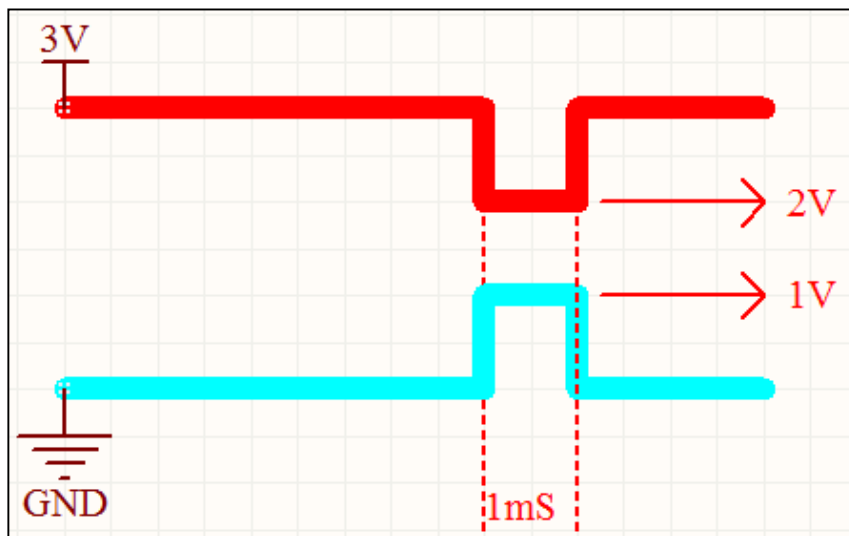
下图。假设 $VCC=3V$ 。(1) 0 时刻， $S1$ 闭合， $S2$ 打向右边，框内电路负载为 $100M$ 欧姆，那么根据欧姆定律知 D 点电压为 $3V$ 。(2) 1 时刻， $S1$ 依然闭合，但 $S2$ 打向左边。停留 $1ms$ 后再打回右边。那么这 $1ms$ 内，框内负载为 10 欧姆。那 E 点电压为 $1V$ 、 D 点电压为 $2V$ 。

对于框内的系统（认为是数字电路模块）来说， D 点是它的“电源”， E 点是它的“地”。那么这 $1ms$ 内，该系统的电源和地出现了差模信号干扰。



2.1-1

D 、 E 点的电压变化如下图。



2.1-2

2.2、电源线上出现共模干扰

上面的差模干扰相对简单，但是，本小节的共模干扰却常常被忽略掉。

下图分析务必要仔细看明白，此为本章的精要内容。

图中 A 系统向 B 系统传输幅度为 2V 的高频方波信号。

(1)不少人常犯的错误分析方法:认为 A 系统发出的方波信号经过 $R_6=200\Omega$ 的信号源内阻、流到 $R_7=300\Omega$ 负载、然后经过 $R_8=200\Omega$ 的地阻抗回流到 A 系统，所以负载得到的方波信号为 $2 \times 300 / (200 + 300 + 200) = 6/7$ (V)。这分析不正确。

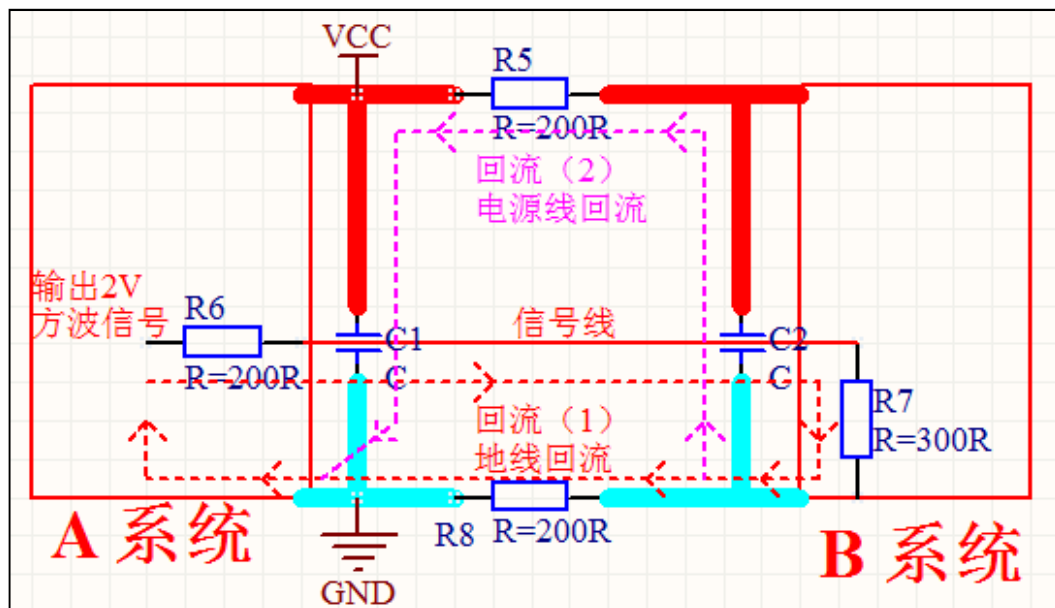


图 2.2-1

(2)正确的分析方法:上图中对于高频方波信号，由于电源的去耦电容 C_2 、 C_1 对高频交流方波信号阻抗近似等于 0，所以回流路径有 2 条——电源线回流和地线回流。（为什么有这个现象？原因是笔者第一章所讲：电信号往阻抗最小的路径走。红色字体部分务必要搞明白）

其等效电路如下图：对于交流方波信号，由于 C_1 、 C_2 近似短路，所以电源线和地线路径阻抗相当于两个路径阻抗并联。所以 A 系统发出的 2V 信号，在 R_7 两端可以测量到 1V 的电压。而 B 系统两端电源存在 $1/3V$ 的共模干扰。

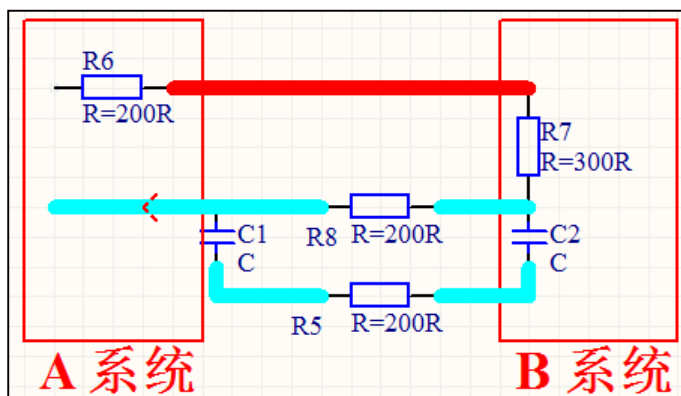


图 2.2-2

假设这个方波信号的高电平时间是 1mS，那么 B 系统的电源端如下图。信号传输瞬间，地线和电源线同时被“抬高” 1/3V。

（注意：实际应用中并没有看到电源线和地线被抬这么高，那是因为系统的电源线和地线不可能有本例子的“200 欧姆”这么大的阻抗。）

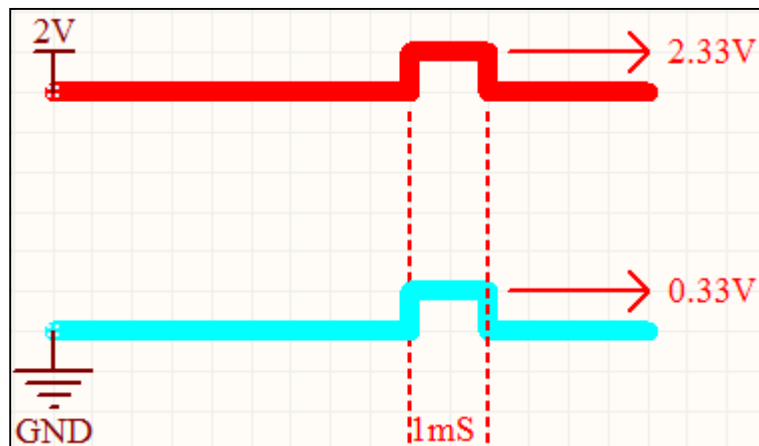


图 2.2-3

通常情况下的 PCB 布线中，电源和地线的特征容易引起如下情况：

（1）电源和地线的阻抗没有那么大，所以共模干扰肯定很小，一般情况下对数字电路没什么影响。但是在高频状态下，其感抗不可小觑，而系统间的通讯引起的共模干扰不可以通过增加去耦电容的方式减轻，唯一减小这种信号传输引起电源共模干扰的方法是：大面积铺地、加大电源线或者设置电源层（做多层板，用一层 PCB 作为电源）——可见，前辈们总结出来的 PCB 布线基本的法则自有其道理。

（2）由上面可以看到，电源线和地线阻抗相等时，对于 B 系统只存在共模干扰。但实际上电源线的阻抗和地线的阻抗不相等，低频下去耦电容的阻抗也较高，所以电源线和地线的电压波动程度不同，一般是电源线波动大些。所以实际中电源线和地线既存在共模干扰，也存在差模干扰。

3、本章精要

- （1）三个物体相比较，才有共模差模之说。（本章指的是电源正极、电源负极、大地。）
- （2）去耦电容对高频信号阻抗为 0，所以传输信号同时通过电源线和地线回流。
- （3）系统间的通讯引起的共模干扰不可以通过增加去耦电容的方式减轻。
- （4）实际中电源线和地线既存在共模干扰，也存在差模干扰。

Tips: 分析到现在，都有很多基本知识利用“噪声的起源”和“共阻干扰”章节（笔者的第一章和第二章），所以说，基础内容还是相当重要，初学者切勿舍本逐末。