

# 全面解析：PCB 设计接地问题精要

OFweek 电子工程网，模拟地/数字地以及模拟电源/数字电源只不过是相对的概念。提出这些概念的主要原因是数字电路对模拟电路的干扰已经到了不能容忍的地步。目前的标准处理办法如下：

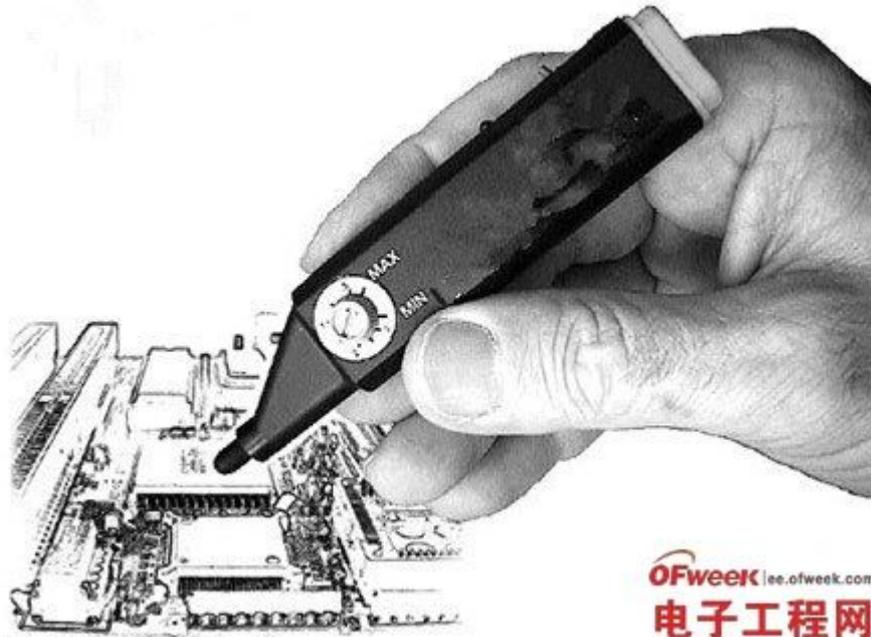
1. 地线从整流滤波后就分为 2 根，其中一根作为模拟地，所有模拟部分的电路地全部接到这个模拟地上面；另一根为数字地，所有数字部分的电路地全部接到这个数字地上面。

2. 直流电源稳压芯片出来，经过滤波后同样分为 2 根，其中一根经过 LC/RC 滤波后作为模拟电源，所有模拟部分的电路电源全部接到这个模拟电源上面；另一根为数字电源，所有数字部分的电路电源全部接到这个数字电源上面

**注意：**模拟地/数字地以及模拟电源/数字电源除了在电源的开始部分有一点连接外，不能再有任何连接。

AVCC：模拟部分电源供电；AGND：模拟地

DVCC：数字部分电源供电；DGND：数字地



这样区分是为了将数字部分和模拟部分隔离开，减小数字部分带给模拟电路部分的干扰。但这两部分不可能完全隔离开，数字部分和模拟部分之间是有连接的所以，在供电时至少地应该是在一起的，所以 AGND 和 DGND 之间要用 0 欧姆的电阻或磁珠或电感连接起来，这样的一点连接就能够减小干扰。同样，如果两部分的供电电源相同也应该采用这样的接法。

在电子系统设计中，为了少走弯路和节省时间，应充分考虑并满足抗干扰性的要求，避免在设计完成后再去进行抗干扰的补救措施。**形成干扰的基本要素有三个：**

(1) 干扰源，指产生干扰的元件、设备或信号，用数学语言描述如下： $du/dt$ ， $di/dt$  大的地方就是干扰源。如：雷电、继电器、可控硅、电机、高频时钟等都可能成为干扰源。

(2) 传播路径，指干扰从干扰源传播到敏感器件的通路或媒介。典型的干扰传播路径是通过导线的传导和空间的辐射。

(3) 敏感器件，指容易被干扰的对象。如：A/D、D/A 变换器，单片机，数字 IC，弱信号放大器等。抗干扰设计的基本原则是：抑制干扰源，切断干扰传播路径，提高敏感器件的抗干扰性能。

(类似于传染病的预防)

## 1 抑制干扰源

抑制干扰源就是尽可能的减小干扰源的  $du/dt$ ， $di/dt$ 。这是抗干扰设计中最优先考虑和最重要的原则，常常会起到事半功倍的效果。减小干扰源的  $du/dt$  主要是通过干扰源两端并联电容来实现。减小干扰源的  $di/dt$  则是在干扰源回路串联电感或电阻以及增加续流二极管来实现。

### 抑制干扰源的常用措施如下：

(1) 继电器线圈增加续流二极管，消除断开线圈时产生的反电动势干扰。仅加续流二极管会使继电器的断开时间滞后，增加稳压二极管后继电器在单位时间内可动作更多的次数。

(2) 在继电器接点两端并接火花抑制电路（一般是 RC 串联电路，电阻一般选几 K 到几十 K，电容选 0.01 $\mu$ F），减小电火花影响。

(3) 给电机加滤波电路，注意电容、电感引线要尽量短。

(4) 电路板上每个 IC 要并接一个 0.01 $\mu$ F~0.1 $\mu$ F 高频电容，以减小 IC 对电源的影响。注意高频电容的布线，连线应靠近电源端并尽量粗短，否则，等于增大了电容的等效串联电阻，会影响滤波效果。

(5) 布线时避免 90 度折线，减少高频噪声发射。

(6) 可控硅两端并接 RC 抑制电路，减小可控硅产生的噪声（这个噪声严重时可能会把可控硅击穿的）。

按干扰的传播路径可分为传导干扰和辐射干扰两类。

所谓传导干扰是指通过导线传播到敏感器件的干扰。高频干扰噪声和有用信号的频带不同,可以通过在导线上增加滤波器的方法切断高频干扰噪声的传播,有时也可加隔离光耦来解决。电源噪声的危害最大,要特别注意处理。所谓辐射干扰是指通过空间辐射传播到敏感器件的干扰。一般的解决方法是增加干扰源与敏感器件的距离,用地线把它们隔离和在敏感器件上加蔽罩。

## 2 切断干扰传播路径的常用措施如下:

(1) 充分考虑电源对单片机的影响。电源做得好,整个电路的抗干扰就解决了一大半。许多单片机对电源噪声很敏感,要给单片机电源加滤波电路或稳压器,以减小电源噪声对单片的干扰。比如,可以利用磁珠和电容组成  $\pi$  形滤波电路,当然条件要求不高时也可用  $100\ \Omega$  电阻代替磁珠。

(2) 如果单片机的 I/O 口用来控制电机等噪声器件,在 I/O 口与噪声源之间应加隔离(增加  $\pi$  形滤波电路)。控制电机等噪声器件,在 I/O 口与噪声源之间应加隔离(增加  $\pi$  形滤波电路)。

(3) 注意晶振布线。晶振与单片机引脚尽量靠近,用地线把时钟区隔离起来,晶振外壳接地并固定。此措施可解决许多疑难问题。

(4) 电路板合理分区,如强、弱信号,数字、模拟信号。尽可能把干扰源(如电机,继电器)与敏感元件(如单片机)远离。

(5) 用地线把数字区与模拟区隔离,数字地与模拟地要分离,最后在一点接于电源地。A/D、D/A 芯片布线也以此为原则,厂家分配 A/D、D/A 芯片引脚排列时已考虑此要求。

(6) 单片机和大功率器件的地线要单独接地,以减小相互干扰。大功率器件尽可能放在电路板边缘。

(7) 在单片机 I/O 口,电源线,电路板连接线等关键地方使用抗干扰元件如磁珠、磁环、电源滤波器,屏蔽罩,可显著提高电路的抗干扰性能。

## 3 提高敏感器件的抗干扰性能

提高敏感器件的抗干扰性能是指从敏感器件这边考虑尽量减少对干扰噪声的拾取,以及从不正常状态尽快恢复的方法。

提高敏感器件抗干扰性能的常用措施如下:

(1) 布线时尽量减少回路环的面积,以降低感应噪声。

(2) 布线时,电源线和地线要尽量粗。除减小压降外,更重要的是降低耦合噪声。

(3) 对于单片机闲置的 I/O 口，不要悬空，要接地或接电源。其它 IC 的闲置端在不改变系统逻辑的情况下接地或接电源。

(4) 对单片机使用电源监控及看门狗电路，如：IMP809，IMP706，IMP813，X25043，X25045 等，可大幅度提高整个电路的抗干扰性能。

(5) 在速度能满足要求的前提下，尽量降低单片机的晶振和选用低速数字电路。

(6) IC 器件尽量直接焊在电路板上，少用 IC 座。

为了达到很好的抗干扰，于是我们常看到 PCB 板上有地分割的布线方式。但是也不是所有的数字电路和模拟电路混合都一定要进行地平面分割。因为这样分割是为了降低噪声的干扰。

理论：在数字电路中一般的频率会比模拟电路中的频率要高，而且它们本身的信号会跟地平面形成一个回流（因为在信号传输中，铜线与铜线之间存在着各种各样的电感和分布电容），如果我们把地线混合在一起，那么这个回流就会在数字和模拟电路中相互串扰。而我们分开就是让它们只在自己本身内部形成一个回流。它们之间只用一个零欧电阻或是磁珠连接起来就是因为原来它们就是同一个物理意义的地，现在布线把它们分开了，最后还应该把它们连接起来。

如何分析它们是属于数字部分呢还是模拟部分？这个问题常常是我们在具体画 PCB 时得考虑的。我个人的看法是要判断一个元件是属于模拟的，还是数字的关键是看与它相关的主要芯片是数字的还是模拟的。比如：电源它可能给模拟电路供电，那它就是模拟部分的，如果它是给单片机或是数据类芯片供电，那它就是数字的。当它们是同一个电源时就需要用一个桥的方法把一个电源从另一个部分引过来。最典形的就是 D/A 了，它应该是一个一半是数字，一半是模拟的芯片。我认为如果能把数字输入处理好后，剩下的就可以画到模拟部分去了。

模拟电路涉及弱小信号，但是数字电路门限电平较高，对电源的要求就比模拟电路低些。既有数字电路又有模拟电路的系统中，数字电路产生的噪声会影响模拟电路，使模拟电路的小信号指标变差，克服的办法是分开模拟地和数字地。

对于低频模拟电路，除了加粗和缩短地线之外，电路各部分采用一点接地是抑制地线干扰的最佳选择，主要可以防止由于地线公共阻抗而导致的部件之间的互相干扰。

而对于高频电路和数字电路，由于这时地线的电感效应影响会更大，一点接地会导致实际地线加长而带来不利影响，这时应采取分开接地和一点接地相结合的方式。

另外对于高频电路还要考虑如何抑制高频辐射噪声,方法是:尽量加粗地线,以降低噪声对地阻抗;满接地,即除传输信号的印制线以外,其他部分全作为地线。不要有无用的大面积铜箔。

地线应构成环路,以防止产生高频辐射噪声,但环路所包围面积不可过大,以免仪器处于强磁场中时,产生感应电流。但如果只是低频电路,则应避免地线环路。数字电源和模拟电源最好隔离,地线分开布置,如果有 A/D,则只在此处单点共地。

低频中没有多大影响,但建议模拟和数字一点接地。高频时,可通过磁珠把模拟和数字地一点共地。

如果把模拟地和数字地大面积直接相连,会导致互相干扰。不短接又不妥,理由如上有四种方法解决此问题:1、用磁珠连接;2、用电容连接;3、用电感连接;4、用 0 欧姆电阻连接。

磁珠的等效电路相当于带阻限波器,只对某个频点的噪声有显着抑制作用,使用时需要预先估计噪点频率,以便选用适当型号。对于频率不确定或无法预知的情况,磁珠不合。

电容隔直通交,造成浮地。

电感体积大,杂散参数多,不稳定。

0 欧姆电阻相当于很窄的电流通路,能够有效地限制环路电流,使噪声得到抑制。电阻在所有频带上都有衰减作用(0 欧姆电阻也有阻抗),这点比磁珠强。