



平行走线串扰

V1.0

2013.11.30

--By: Mythink

目 录

1、受到平行走线串扰的样机	1
2、原因分析	2
2.1、基础知识回顾	2
2.2、本例中的模型分析	2
3、类似干扰的进一步讨论	3
3.1 减小平行线段的交流阻抗.....	3
3.2 减小平行线段的等效电容.....	4
4、如何规避上述例子的噪音	5
5、总结	5
5.1、本章重点	5
5.2、回归原理	5

1、受到平行走线串扰的样机

一天,在我准备启程回公司时,客户拿了个 PCB 样板过来,急忙忙的说:“**,还有个样机有噪音,每秒钟一次的“哒哒”声,你帮忙看完再回去呗?”

我放下背包,拿过样机检查。果然在无任何输入的情况下,喇叭每秒出现一次“哒哒”声。

经排查,找到了问题的疑点。PCB 板的连接如下图所示。

其中 EG 是模拟音频信号线, DAC 的输出阻抗很小,约几欧姆,可以直接推动 16R 的耳机。

功放的输入阻抗较大, 100K 数量级。

CD 线段为 IIC_CLK 走线, 每秒钟 MCU 会与 IIC 进行一次通讯。

PCB 电路上, EG、CD 平行走线, 它们的线宽为 10mil, 间距也为 10mil; 10mil 间距的平行走线长度为 8cm。

问题如何解决?

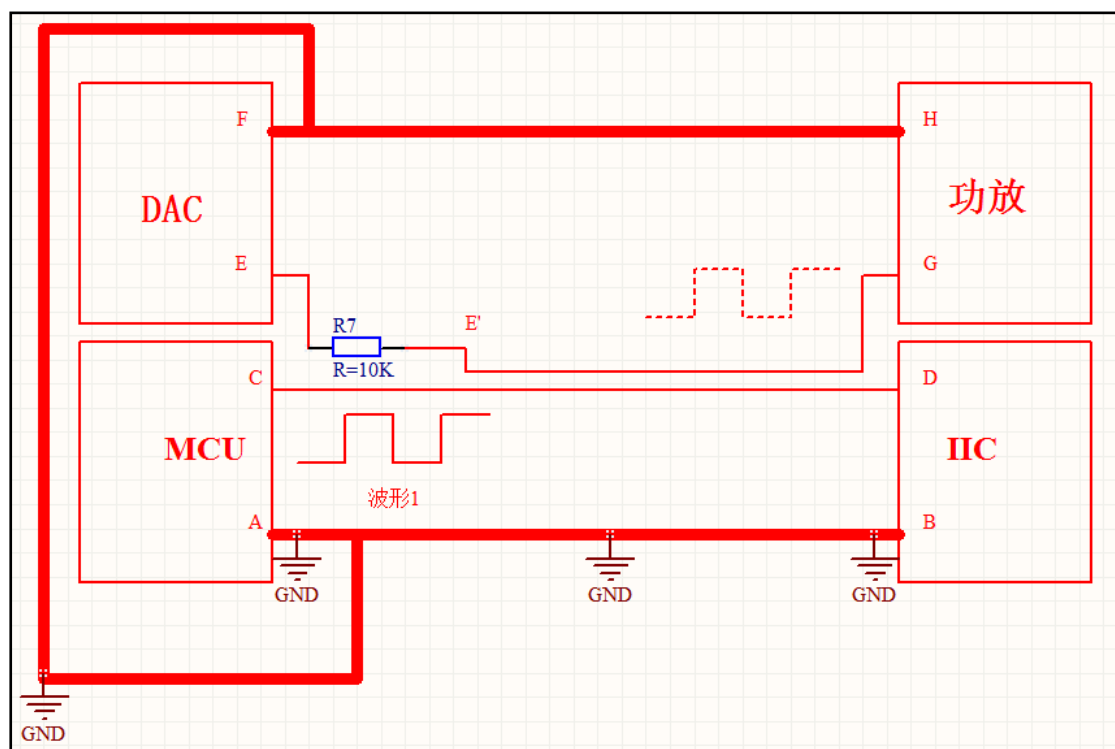


图 1-1

2、原因分析

2.1、基础知识回顾

“噪声的起源”章节中，说明了平行走线的基本等效模型，如下图所示，相当于 RC 的耦合电路。平行线 CD 上的信号有可能传递到 EG 上。

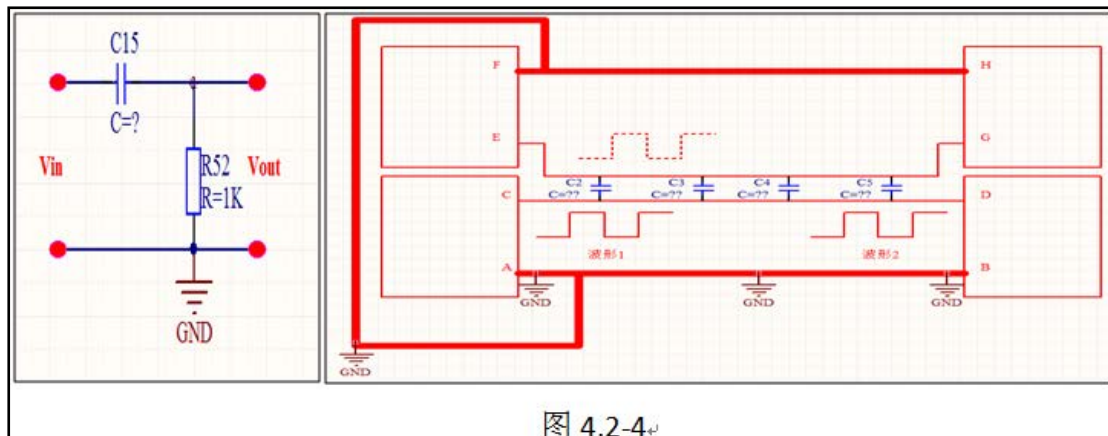


图 2.1-1

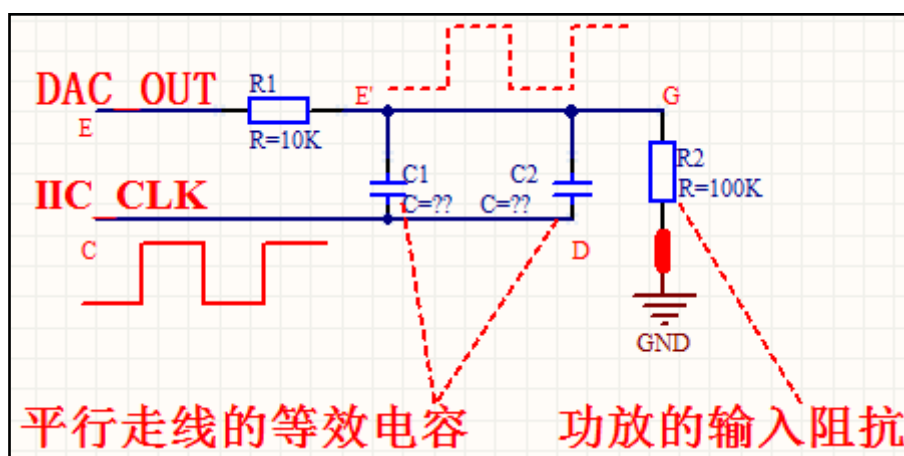
2.2、本例中的模型分析

由“2.1”的基础，可以得出本例子的等效模型，如下图。

由于 R1、R2 较大，IIC_CLK 的信号通过平行走线的等效分布电容传递到 E'G 线段 PCB 上，作用在功放输入端并经过功放放大后输出。这种状况出现的频率由 IIC_CLK 时钟频率决定，每秒钟一次。

于是，喇叭处每秒可以听到一次的“哒哒”声，这个声音就是 IIC_CLK 的方波群的声音。

问题就这么愉快地找到了。



3、类似干扰的进一步讨论

3.1 减小平行线段的交流阻抗

假如电路结构如下图所示，噪声又是如何表现？

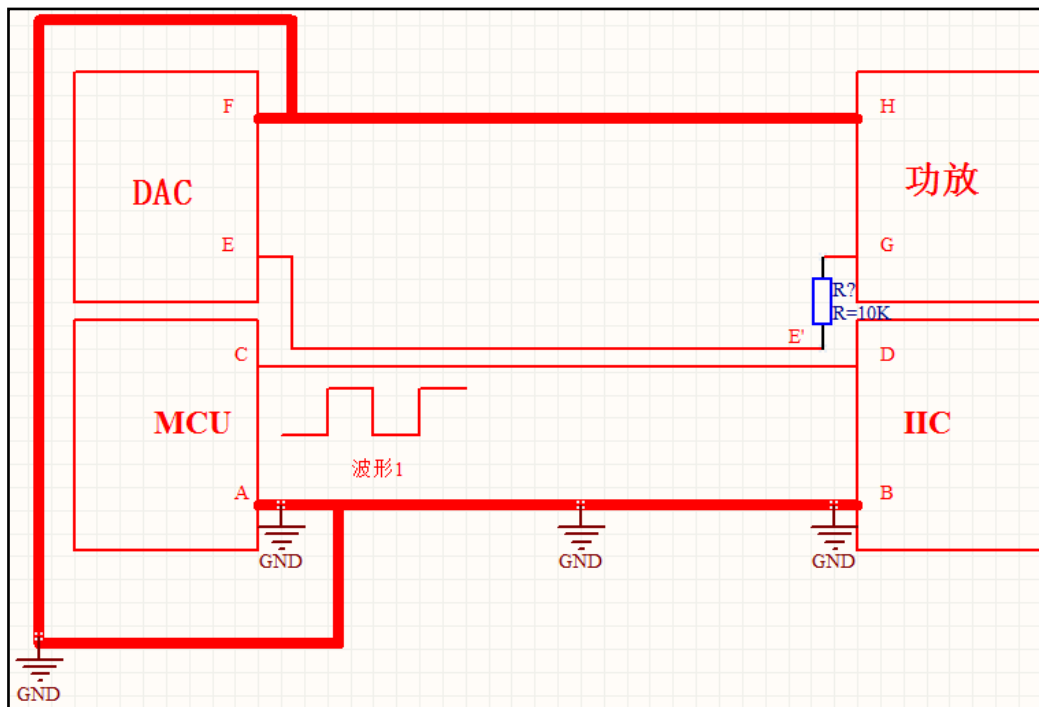


图 3.1-1

等效电路如下。DAC 输出相当于一个理想的信号源和几欧姆的输出电阻 R_3 构成；信号线上串联的 $10K$ 电阻、功放 $100K$ 输入电阻对应图中的 R_4 、 R_5 。

根据噪声的起源章节，RC 的电压耦合强度与 R 、 C 的大小有关。

所以，即使 R_4+R_5 非常大，但是 R_3 只有几欧姆，最终 EE' 的交流阻抗其实等于 $R_3 // (R_4+R_5)$ 。最终，耦合到 EE' 线段上的数字信号幅度非常小——即作用在功放输入端的噪声信号大大减小！

本例中只换了一个电阻摆放的位置，但是得到的结果却大不相同，这是在 PCB 布线时要注意的。

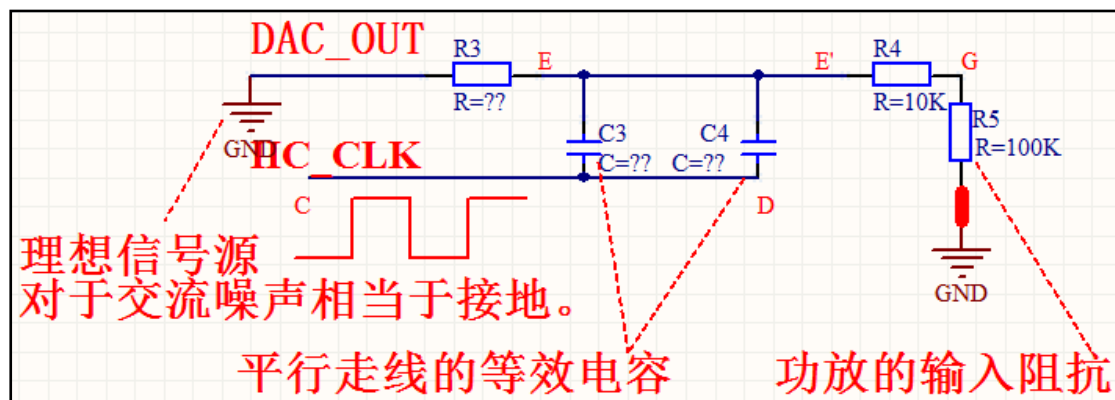


图 3.1-2

3.2 减小平行线段的等效电容

假如电路结构如下图所示，噪声又是如何表现？

PCB 走线加大的平行线段 E'G 与 CD 的距离。

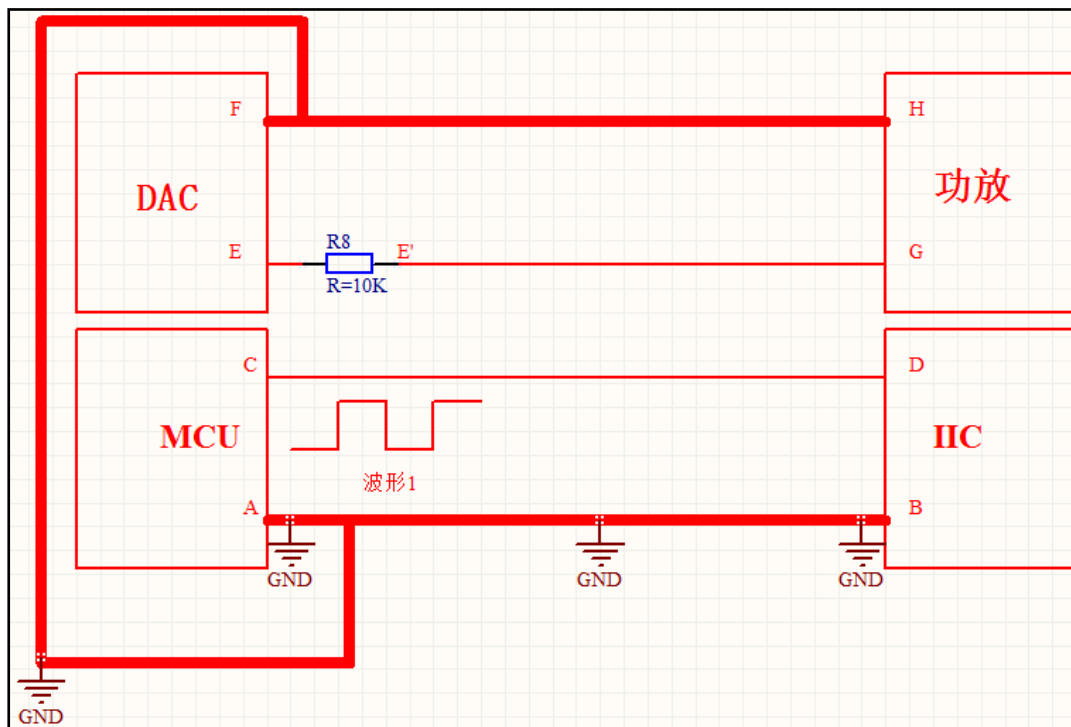


图 3.2-1

由物理中平行极板的电容与其距离成反比得知：E'G 与 CD 间的等效电容随着其距离的增加而减小。等效电路如下：

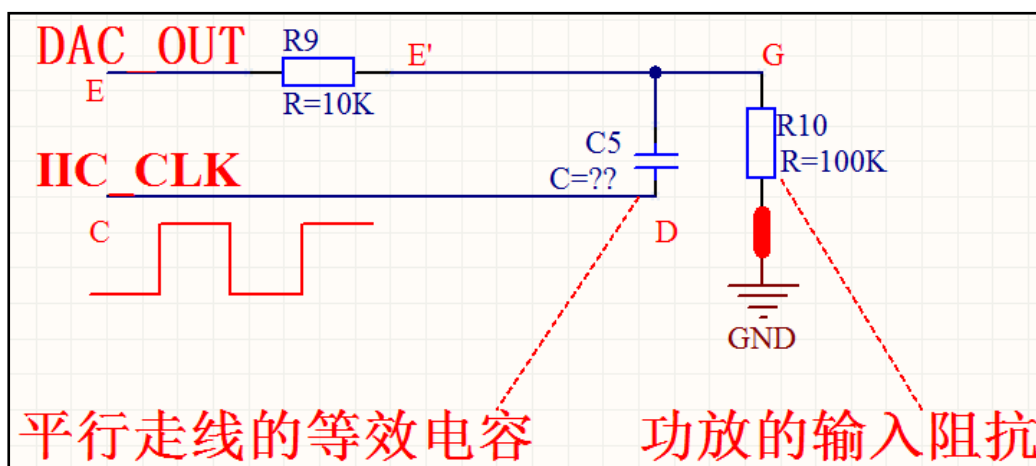


图 3.2-2

随着平行走线距离的增加，图 3.2-2 的 C5 将远远小于图 3.1-2 中的(C3+C4)。结果，由于 RC 耦合的特征可知，C 减小了对导致耦合到 R 上面的信号强度大大降低。（不明白的读者可以看“噪声的起源”章节。）

最终，功放输入端的数字噪声大大减小。



4、如何规避上述例子的噪音

由“3”的讨论可知，可以通过减小平行走线的等效“R”或者等效“C”来减小噪声。

本案例处理方法：笔者在 DAC 和功放端就近芯片的引脚处，隔断了 E、G 走线，用串联有 10K 的跳线直接在 PCB 板的上空连接 E、G 引脚(目的是远离 IIC_CLK 引脚)，再次开机，“哒哒”的噪声消失了。

和客户 Layout 工程师确认，采用 EG 线远离 CD 线的方式解决本次问题。

问题就这么愉快地解决了，打道回府，哈哈~

5、总结

5.1、本章重点

模拟信号不一定会受到平行走线的干扰，但是阻抗比较大的模拟信号线确实容易受到数字信号线的干扰，所以 PCB 要避免平行走线。

由 RC 耦合的原理知道，对于类似本例受到数字信号线耦合干扰的系统，有 2 个解决问题的方向：一是减小模拟信号线的交流等效电阻 R，二是减小这个两条线的等效电容 C。

5.2、回归原理

本章的分析看起来有好几页，但基本基于 RC 耦合的模型。可见，理解透原理后，应用上的发挥是没有界限的。