

数模混合PCB电磁兼容的设计优化分析

吴可

(中国电子科技集团公司第五十一研究所, 上海 201802)

摘要: 阐述数模混合PCB干扰产生的来源, 探讨一种有效解决数模混合PCB设计电磁兼容问题的方法。提出混合信号PCB的设计不仅仅考虑电气连接, 还要考虑电磁兼容以及信号完整性等各种问题, 并通过设计实例得到验证。

关键词: 印刷电路板, ADC, 电磁兼容。

中图分类号: TN41, TN03 文章编号: 1674-2583(2024)04-0039-03

DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.04.014

文献引用格式: 吴可. 数模混合PCB电磁兼容的设计优化分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(04): 39-41.

Analysis of Design Optimization for Electromagnetic Compatibility of Digital Analog Hybrid PCB

WU Ke

(The 51st Research Institute of CETC, Shanghai 201802, China.)

Abstract — This paper describes the sources of interference generated by mixed digital and analog PCBs, and explores an effective method to solve electromagnetic compatibility problems in mixed digital and analog PCB design. It proposes that the design of mixed signal PCBs should not only consider electrical connections, but also various issues such as electromagnetic compatibility and signal integrity, and is verified through design examples.

Index Terms — printed circuit board, ADC, electromagnetic compatibility.

0 引言

印制电路板 (printed circuit board, PCB) 作为电子产品中电路元器件的载体, 随着电子产品越来越趋向于高速、高灵敏度、高密度的方向发展, 印制电路板设计也经常会遇到各种电磁兼容 (electromagnetic compatibility, EMC) 以及信号完整性等问题, 它们已成为当今PCB设计不可忽视的技术难题。

1 研究背景

由数字电路和模拟电路混合构成的PCB, 其电磁兼容设计以及信号完整性设计更复杂也更重要。例如, 徐小兰等提出的印制电路高速传输线路设计与制作的信号完整性研究^[1]; 苟辉等提出的基于高速PCB的信号完整性分析^[2]; 杨亭等提出的高速电路PCB设计中增强电磁兼容性的方法^[3]; 高文斌等提出的基于高速数字电路中的信号完整性分析^[4]; 朱旻等提出的高速数字PCB板设计中的信号完整性分析^[5]; 罗运霞等提出的高密度互连板电磁兼容设计^[6]。

针对电磁兼容 (EMC) 以及信号完整性问题, 许多设计师也进行了各种研究, 例如梁晨等^[7]提出的多通道采集系统接地方式研究; 彭正红等^[8]提出的如何通过板级接地设计解决电磁兼容问题; 梁晨等^[9]提出的多通道采集系统电噪声分析

研究。这些研究主要针对不同系统或者模块, 而对于模块内或者板内的电磁兼容 (EMC) 以及信号完整性问题考虑不足, 本文针对板内问题提出了一个可行办法。

2 数模混合电路的干扰来源

一般来说, 模拟信号要比数字信号对噪声敏感程度要大得多, 主要是因为模拟电路工作时依赖电压电流的变化, 微小的噪声都能造成干扰; 而数字电路工作时, 只识别高低电平这两种电压, 在一定程度上具有抗干扰能力。数字电路中的高电平转变为低电平时, 在器件的接地引脚会放电产生开关电流, 再加上门电路和电源系统之间本身存在的电感寄生效应, 这些寄生效应对于快变的开关电流就会产生一个压降, 而当数字电路变化达到一定速度时, 所产生大量的开关电流就可能引起逻辑地电压发生波动, 即所谓的地弹噪声, 又被称为瞬时开关噪声 (SSN)。如果上述地弹噪声耦合到模拟电路中, 就会影响其的工作性能, 严重时整个系统都可能失效。由于很多干扰是通过电源或地线产生的, 尤其地线引起的噪声更大, 所以在PCB设计时对地和电源的处理也显得更为重要。

3 数模混合PCB常用处理办法

电磁兼容 (EMC) 一般指电气以及电子设备在相同的电磁环境中能够执行各自功能的共存状态, 即

作者简介: 吴可, 中国电子科技集团公司第五十一研究所, 高级工程师, 研究生; 研究方向: 信号处理。

收稿日期: 2023-06-15; 修回日期: 2024-03-23。

研究与设计 | Research and Design

要求在同一电磁环境中的上述各种设备都能正常工作且又互不干扰,能够达到一种“兼容”状态。

电磁兼容有两个基本原则:(1)第一个原则是尽可能减小电流回路的面积;(2)第二个原则是系统只采用一个参考面。在设计数字电路和模拟电路混合PCB时要尽可能满足以上两个原则。

3.1 布局布线原则

PCB布局首先要考虑尽可能将模拟电路与数字电路分区域放置,模拟信号在PCB的模拟区内布线,而数字信号在PCB的数字电路区内布线。在这种情况下,数字信号的返回电流不会流入到模拟信号的地平面。

有时由于种种原因导致无法把数字电路和模拟电路有效的区分开来,此时就可能会造成模拟部分和数字部分电路的互相影响。这就要设法避开在模拟电路电源层的邻近地方走数字时钟线或者高频模拟信号线等,以免将电源信号的噪声耦合到模拟信号中。

3.2 电源和地平面的处理

在数模混合PCB的设计中,电源和地平面的处理是改善电路性能非常重要的因素。有的工程师将数模混合PCB上的数字地和模拟地分割开来,以达到数字地和模拟地隔离的目的。如图1所示。

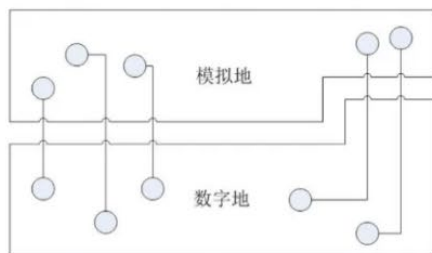


图1 数模混合PCB的分割示意图

尽管这种办法能起到一定的效果,但也会引入一些新的问题,这些问题在一些复杂的大型系统中尤其突出,因为这种方法不能跨越分割间隙布线,否则会引起电磁辐射和信号串扰的急剧增加,这主要是由于信号电流的返回路径非常大造成的。为避免上述现象,如果必须对地平面进行分割并且需要跨分割布线时,有的工程师先将被分割的地之间进行单点连接,形成一个连接桥,然后在该连接桥上进行布线。这样在信号线的下方能够提供提供一个短回路路径,从而使形成的环路面积很小。如图2所示。

数模混合PCB避免不了使用A/D转换芯片,大多数的A/D转换芯片都有AGND和DGND的引脚划分,也就是说芯片内部并没有将两者连接起来,同时A/D厂家会要求将AGND和DGND管脚通过尽可能短的引线连接到同一个低阻抗的地上。如果数模混合PCB中只有一个A/D转换芯片,可以容易的采用前面所说的桥接方式,如图3所示。

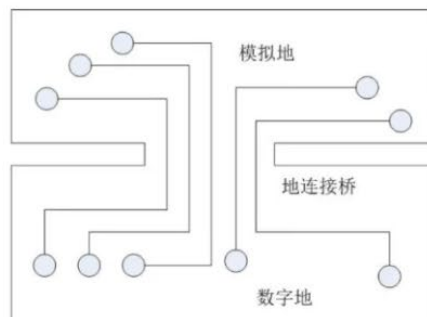


图2 数模混合PCB的桥接布局示意图

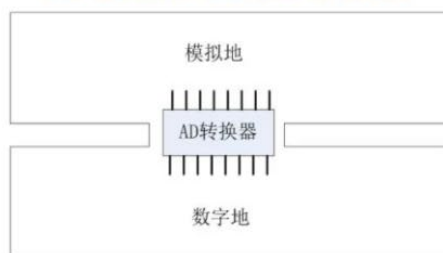


图3 只含一片A/D转换芯片布局示意图

图3中只需将地平面分割成AGND和DGND,在A/D转换器下面把两者连接在一起。但是如果数模混合PCB中A/D转换器较多,如果在每一个A/D转换器的下面都将AGND和DGND连接在一起,就会产生多点相连的局面,AGND和DGND的隔离就毫无意义。如图4所示。

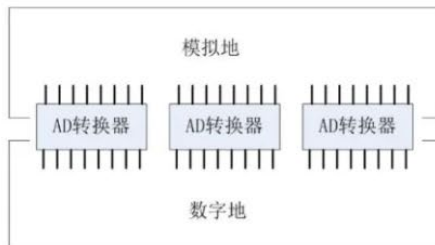


图4 含多片A/D转换芯片布局示意图

此时如果不这样连接又满足不了A/D厂家的要求。作者本人曾设计过这样的含多片A/D转换芯片的数模混合PCB,该PCB的主要功能是:一片TI公司的LMK04828芯片提供时钟,四片ADI公司的AD9625进行数据采集,一片XILINX公司的V7系列FPGA用于数据处理。在设计时采用了AGND和DGND分割的多点接地方式,致使在设计之初布局走线就非常困难,并且最终AD工作不稳定,产生EMC问题无法解决。其多点连接布局如图5所示。

要解决此问题,一个比较好的办法就是使用统一接地。不对地进行分割,仅仅是将PCB划分为模拟区域和数字区域。这样做既满足了A/D厂家对AGND和DGND管脚低阻抗连接的要求,同时又不会形成环路天线或偶极天线而产生EMC问题。这时需做到模拟

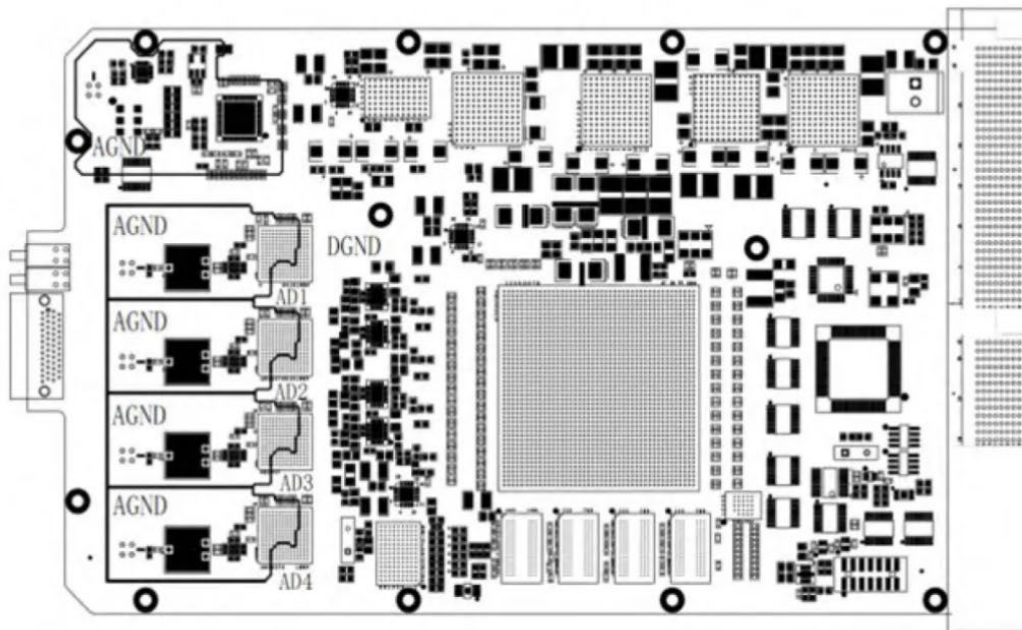


图5 某型数模混合PCB布局示意图

信号在PCB的模拟电路区内布线,而数字信号在数字电路区内布线,这样就可以保障数字信号返回电流不会流入到模拟信号的地上,减少对其干扰。作者本人就是通过此方法对前面所述PCB进行改版,最终解决AD工作不稳定的现象。

针对数模混合PCB中A/D转换器较多的设计,采用本方法中提及的使用统一接地的方式,比传统方法中使用分割地的方式具有明显的优势,例如在地平面的处理以及走线上都相对比较容易,但是在器件布局上相对困难,需要综合考虑电流走向。本方法和传统方法的优缺点如表1所示。

表1 地分割方式比较表

	本方法	传统方法
布局难度	困难	容易
地处理	容易	困难
走线难度	容易	困难
实测效果	好	差

由表1可知,数模混合PCB设计中A/D转换器较多时,采用传统方式进行接地分割处理,大大增加了设计难度,并且最终容易产生信号完整性的问题,造成产品设计失败。

4 结语

混合信号PCB的设计不仅仅考虑电气连接,还要考虑电磁兼容以及信号完整性等各种问题。本文提供了一种解决包含多AD芯片的混合信号PCB设计EMC问题的有效办法,并在实际项目中验证有效。

参考文献

- [1] 徐小兰. 印制电路高速传输线路设计与制作的信号完整性研究[D]. 四川: 电子科技大学, 2018.
- [2] 荀辉, 汪忠林, 李坚. 基于高速PCB的信号完整性分析[J]. 电脑编程技巧与维护, 2022(04): 107-109.
- [3] 杨亨, 田世锋. 高速电路PCB设计中增强电磁兼容性的方法[J]. 电工技术, 2020(20): 150-151.
- [4] 高文斌, 梁晓, 张春年, 等. 基于高速数字电路中的信号完整性分析[J]. 电子技术与软件工程, 2018(24): 74.
- [5] 朱旻. 高速数字PCB板设计中的信号完整性分析[J]. 电子世界, 2019(18): 73-74.
- [6] 罗运霞. 高密度互连板电磁兼容设计[D]. 山东: 山东大学, 2011.
- [7] 梁晨, 于骏申, 黄松威. 多通道采集系统接地方式研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(02): 169-171+175.
- [8] 彭正红, 杨春宇. 如何通过板级接地设计解决电磁兼容问题[J]. 机电产品开发与创新, 2020, 33(04): 52-55.
- [9] 梁晨, 范新刚, 咸纯醇, 等. 多通道采集系统噪声分析研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(02): 215-218.