

印刷电路板的设计原则和抗噪声措施

印刷电路板(PCB)是电子产品中零件和零件间的主要支撑组件,同时它提供电路组件和器件之间的电气连接。随着电子技术的快速发展,PCB 的密度越来越高。PCB 设计的好坏常会影响产品对抗噪声能力的大小,因此在进行 PCB 设计时,必须遵守 PCB 设计的一般原则,并应符合抗噪声设计的要求。

PCB 设计一般的原则

要使电子电路获得最佳性能,零件的布局和导线的安排是很重要的。为了设计质量好、造价低的 PCB,应遵循以下一般原则:

1 布局

首先,要考虑 PCB 尺寸大小。PCB 尺寸过大时,印刷线路因线条太长,会阻抗增加,抗噪声能力就会下降,成本也会增加;过小,则散热不好,且邻近线条容易受到噪声。在确定 PCB 尺寸后,再确定特殊组件的位置。最后,根据电路的功能单元,对电路的全部零件进行布局。

在确定特殊组件的位置时要遵守以下原则:

- A. 尽可能缩短高频零件之间的联机,设法减少它们的分布参数和相互间的电磁噪声。易受噪声的零件不能相互靠得太近,输入和输出组件应尽量远离。
- B. 某些零件或导线之间可能有较高的电位差,应加大它们之间的距离,以免放电引起意外短路。带高电压的零件应尽量布置在维修时手不易触及的地方。
- C. 重量超过 15g 的零件,应当用支架加以固定,然后焊接。那些又大又重、较易发热的零件,不宜装在印刷电路板上,而应装在整机的机箱底板上,且应考虑散热问题。热敏组件应远离发热组件。
- D. 对于电位器、可调电感线圈、可变电容器、微动开关等可调组件的布局应考虑整机的结构要求。若是机内调整,应放在印刷电路上方便于调整的地方;若是机外调整,其位置要与调整旋钮在机箱面板上的位置相配合。
- E. 应留出印刷电路板定位孔及固定支架所占用的位置。

根据电路的功能单元,对电路的全部零件进行布局时,要符合以下原则:

- A. 按照电路的流程安排各个功能电路单元的位置,使布局便于信号流通,并使信号尽可能保持一致的方向。
- B. 以每个功能电路的核心组件为中心,围绕它来进行布局。零件应均匀、整齐、紧凑地排列在 PCB 上。尽量减少和缩短各零件之间的引线 and 连接。
- C. 在高频下工作的电路,要考虑零件之间的分布参数。一般电路应尽可能使零件平行排列。这样,不但美观,而且装焊容易,易于大量生产。
- D. 位于电路板边缘的零件,离电路板边缘一般不小于 2mm。电路板的最佳形状为矩形。长宽比为 3:2 或 4:3。电路板面尺寸大于 200x150mm 时,应考虑电路板所受的机械强度。

2. 布线

布线的原则如下:

- A. 输入输出端用的导线应尽量避免相邻平行。最好加线间地线,以免发生反馈藕合。
- B. 印刷电路板导线间的最小宽度主要是由导线与绝缘基板间的黏附强度和流过它们的电流值决定。当铜箔厚度为 0.05mm、宽度为 1~15mm 时,通过 2A 的电流,温度不会高于 3°C,因此,导线宽度为 1.5mm 可满足要求。对于集成电路,尤其是数字电路,通常选 0.02~0.3mm 导线宽度。当然,只要允许,还是尽可能用宽线,尤其是电源线和地线。导线的最小间距主要由最坏情况下的线间绝缘电阻和击穿电压决定。对于集成电路,尤其是数字电路,只要制作技术上允许,可使间距小至 5~8mm。

印制导线拐弯处一般取圆弧形,而直角或夹角在高频电路中会影响电气性能。此外,

尽量避免使用大面积铜箔，否则，长时间受热时，易发生铜箔膨胀和脱落现象。必须用大面积铜箔时，最好用栅格状。这样有利于排除铜箔与基板间黏合剂受热产生的挥发性气体。

3. 焊点

焊点中心孔要比器件引线直径稍大一些。焊点太大易形成虚焊。焊点外径 D 一般不小于 $(d+1.2)\text{mm}$ ，其中 d 为引线孔径。对高密度的数字电路，焊点最小直径可取 $(d+1.0)\text{mm}$ 。

PCB 及电路抗噪声措施

印刷电路板的抗噪声设计与具体电路有着密切的关系，这里特就 PCB 抗噪声设计的几项常用措施做一些说明。

1. 电源线设计

根据印刷电路板电流的大小，尽量加粗电源线宽度，减少环路电阻。同时，使电源线、地线的走向和数据传递的方向一致，这样有助于增强抗噪声能力。

地线设计

地线设计的原则是：

A. 数字地与电源地分开。若线路板上既有逻辑电路又有线性电路，应使它们尽量分开。低频电路的地应尽量采用单点并联接地，实际布线有困难时可部分串联后再并联接地。高频电路宜采用多点串联接地，地线应短而粗，高频组件周围尽量用栅格状大面积地箔。

B. 接地线应尽量加粗。若接地线用很细的线条，则接地电位随电流的变化而变化，使抗噪声性能降低。因此应将接地线加粗，使它能通过三倍于印刷电路板上的允许电流。如有可能，接地线应在 $2 \sim 3\text{mm}$ 以上。

C. 接地线构成死循环。只由数字电路组成的印刷电路，其接地电路布成死循环路大多能提高抗噪声的能力。

旁路电容配置

PCB 设计的常规做法之一是在印刷电路的各个关键部位配置适当的旁路电容。

A. 电源输入端跨接 $10 \sim 100\mu\text{F}$ 的电解电容器。如有可能，接 $100\mu\text{F}$ 以上的更好。

B. 原则上每个 IC 零件都应布置一个 $0.01\mu\text{F}$ 的瓷片电容，如遇印刷电路空隙不够，可每 $4 \sim 8$ 个 IC 布置一个 $1 \sim 10\mu\text{F}$ 的钽质电容。

C. 对于抗噪声能力弱、切断时电源变化大的器件，如 RAM、ROM 储存组件，应在 IC 的电源线和地线之间直接接入退藕电容。

D. 电容引线不能太长，尤其是高频旁路电容不能有引线。

此外，还应注意以下两点：

A. 在印刷电路中有开关、继电器、按钮等组件时，操作它们时均会产生火花放电，必须采用 RC 电路来吸收放电电流。一般 R 取 $1 \sim 2\text{K}$ ， C 取 $2.2 \sim 47\mu\text{F}$ 。

B. CMOS 的输入阻抗很高，且易受感应，因此在使用时对不用端要接地或接正电源。

印刷电路板的可靠性设计

目前电子器材用于各类电子设备和系统仍然以印刷电路板为主要装配方式。事实上，即使电路图的设计正确，印刷电路板设计不当，也会对电子设备的可靠性产生不利的影响。例如，如果印刷电路板两条细并行线靠得很近，则会形成信号波形的延迟，在传输线的终端形成反射噪声。因此，在设计印刷电路板的时候，应注意采用正确的方法。

一、地线设计

在电子设备中，接地是抑制噪声的重要方法。如能将接地和屏蔽正确结合起来使用，可解决大部分噪声问题。电子设备中地线结构大致分为-系统地、机壳地（屏蔽地）、数字地（逻辑地）和电源模拟地等。在地线设计中应注意以下几点：

A. 正确选择单点接地与多点接地

在低频电路中，信号的工作频率小于 1MHz ，它的布线和组件间的电感影响较小，而

接地电路形成的环流对噪声影响较大，因而应采用一点接地。当信号工作频率大于 10MHz 时，地线阻抗变得很大，此时应尽量降低地线阻抗，应采用就近多点接地。当工作频率在 1~10MHz 时，如果采用一点接地，其地线长度不应超过波长的 1/20，否则应采用多点接地法。

B. 将数字电路与电源模拟电路分开

如果电路板上既有高速逻辑电路，又有线性模拟电路，应使它们尽量分开，而两者的地线不要相混，分别与电源端地线相连。要尽量加大线性电路的接地面积。

C. 尽量加粗接地线

若接地线很细，接地电位则随电流的变化而变化，致使电子设备的定时信号电平不稳，抗噪声性能变坏。因此应将接地线尽量加粗，使它能通过三位于印刷电路板的允许电流。如有可能，接地线的宽度应大于 3mm。

D. 将接地线构成死循环路

设计只由数字电路组成的印刷电路板的地线系统时，将接地线做成死循环路可以明显的提高抗噪声能力。其原因在于：印刷电路板上有很多集成电路组件，尤其遇有耗电多的组件时，因受接地线粗细的限制，会在地结上产生较大的电位差，引起抗噪声能力下降，若将接地结构成环路，则会缩小电位差值，提高电子设备的抗噪声能力。

二、电磁兼容性设计

电磁兼容性是指电子设备在各种电磁场环境中仍能够稳定地、有效地进行工作的能力。电磁兼容性设计的目的是使电子设备既能抑制各种外来的噪声，使电子设备在特定的电磁环境中能够正常工作，同时又能减少电子设备本身带给其它电子设备的电磁噪声。

A. 选择合理的导线宽度

由于高频电流在印刷线路所产生的噪声主要是由印刷导线的电感效应造成的，因此应尽量减小印刷线路的电感量。印刷线路的电感量与其线路长度成正比，与其宽度成反比，因而短而粗的导线对抑制噪声是有利的。频率引线、晶体振荡器、数字总线线的信号线常常载有大的瞬变电流，印刷线路要尽可能地短。对于分立组件电路，印刷导线宽度在 1.5mm 左右时，即可完全满足要求；对于集成电路，印刷导线宽度可在 0.2~1.0mm 之间选择。

B. 采用正确的布线策略

采用平行走线可以减少导线电感，但导线之间的互感和分布电容增加，如果布局允许，最好采用井字形网状布线结构，具体做法是印刷线路板的一面横向布线，另一面纵向布线，然后在交叉孔处用打金属孔相连。

为了抑制印刷板导线之间的干扰，在设计布线时应尽量避免长距离的平行走线，尽可能拉开线与线之间的距离，信号线与地线及电源线尽可能不交叉。在一些对噪声十分敏感的信号线之间设置一根接地的印刷线，可以有效地抑制干扰。为了避免印刷导线时产生的电磁辐射，在印刷电路板布线时，还要注意以下几点：

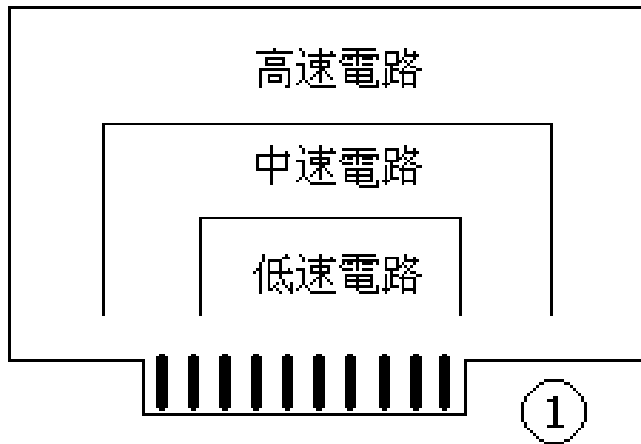
A. 尽量减少印刷导线的不连续性，例如导线宽度不要突变，导线的拐角应大于 90 度且高频信号通过禁止环状走线等。

B. 频率信号引线最容易产生电磁辐射噪声，走线时应与地线回路相靠近，振荡器应紧靠着连接器。

C. 晶体振荡器应紧靠着其欲驱动的线路。对于那些离开印刷电路板的引线，振荡器应仅仅靠着连接器。

D. 数据排线的布线应每两根信号线之间夹一根信号地线。最好是紧紧靠着最不重要的地址引线放置地回路，因为后者常载有高频电流。

E. 在印刷板布置高速、中速和低速逻辑电路时，应按照图 1 的方式排列组件。



抑制反射干扰噪声

为了抑制出现在印刷线路终端的反射噪声，除了特殊需要之外，应尽可能缩短印刷线的长度和采用慢速电路。必要时可加终端匹配，即在传输线的末端对地和电源端各加接一个相同阻值的匹配电阻。根据经验，对一般速度较快的 TTL 电路，其印刷线条长于 10cm 以上时就应采用终端匹配措施。匹配电阻的阻值应根据集成电路的输出驱动电流及吸收电流的最大值来决定。

三、去耦电容配置

在直流电源回路中，负载的变化会引起电源噪声。例如在数字电路中，当电路以一个状态转换为另一种状态时，就会在电源在线产生一个很大的尖峰电流，形成瞬间的噪声电压。配置旁路电容可以抑制因负载变化而产生的噪声，是印刷电路板的可靠性设计的一种常规做法，配置原则如下：

电源输入端跨接一个 10~100 μ F 的电解电容器，如果印刷电路板的位置允许，采用 100 μ F 以上的电解电容器的抗噪声效果会更好。

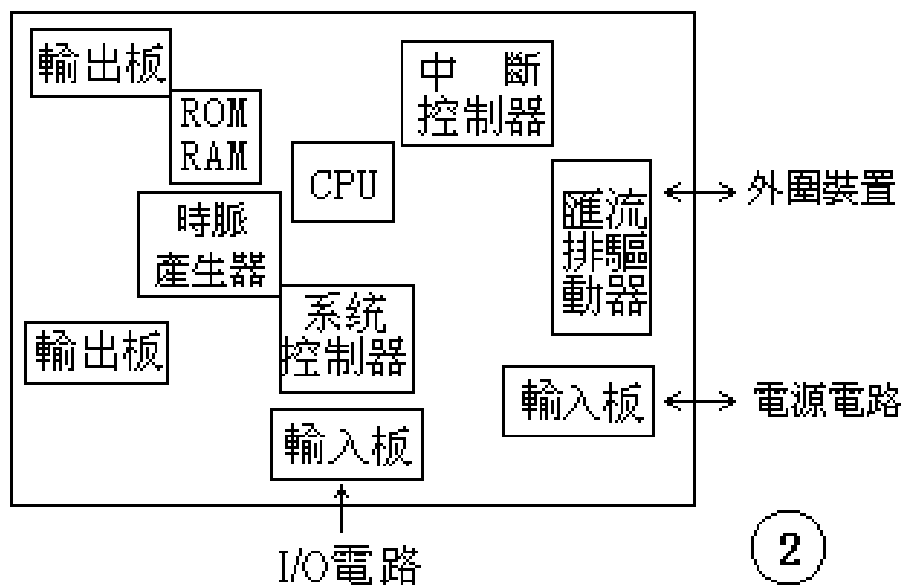
每个集成电路芯片配置一个 0.01 μ F 的陶瓷电容器。如遇到印刷电路板空间小而装不下时，可每 4~10 个芯片配置一个 1~10 μ F 钽电解电容器，这种组件的高频阻抗特别小，在 500kHz~20MHz 范围内阻抗小于 1 Ω ，而且漏电流很小（0.5 μ A 以下）。

对于噪声能力弱、存取时电流变化大的组件和 ROM、RAM 等储存型组件，应在芯片的电源线（Vcc）和地线（GND）间直接接上旁路电容。

旁路电容的引线不能过长，特别是高频旁路电容不能带引线。

四、印刷电路板的尺寸与组件的布置

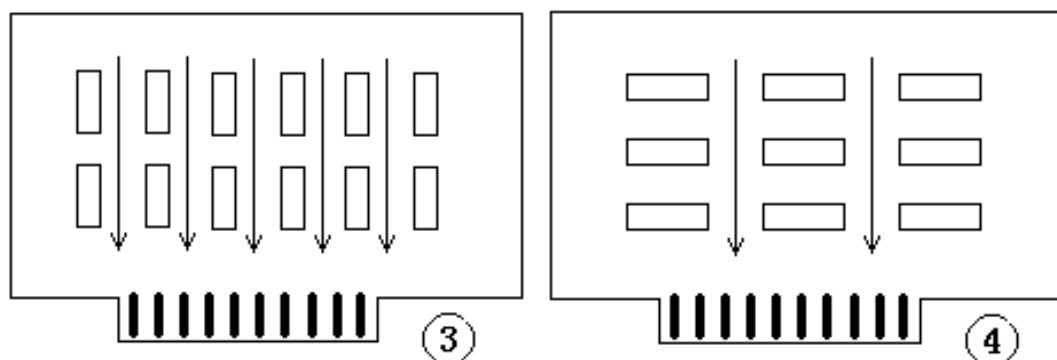
印刷电路板大小要适中，过大时印刷线条长，阻抗增加，不仅抗噪声能力下降，成本也高；过小，则散热不好，同时易受邻近线路干扰。



在组件布置方面与其它逻辑电路一样，应把相互有关的组件尽量放得靠近些，这样可以获得较好的抗噪声效果。如图 2 所示。频率产生器、晶体振荡和 CPU 的频率输入端都易产生噪声，要相互靠近些。易产生噪声的组件、小电流电路、大电流电路等应尽量远离逻辑电路，如有可能，应另做电路板，这一点十分重要。

五、热设计

以有利于散热的角度出发，印刷电路板最好是直立安装，板与板之间的距离一般不应小于 2cm，而且组件在印刷板上的排列方式应遵循一定的规则：



对于采用自由对流空气冷却的设备，最好是将集成电路（或其它组件）按纵长方式排列，如图 3 示；对于采用强制空气冷却的设备，最好是将集成电路（或其它组件）按横长方式排列，如图 4 所示。

同一块印刷板上的组件应尽可能按其发热量大小及散热程度分区排列，发热量小或耐热性差的组件（如小信号晶体管、小规模集成电路、电解电容等）放在冷却气流的最上流（入口处），发热量大或耐热性好的组件（如功率电晶体、大规模集成电路等）放在冷却气流最下方。

在水平方向上，大功率组件尽量靠近印刷板边缘布置，以便缩短传热路径；在垂直方向上，大功率组件尽量靠近印刷板上方布置，以便减少这些组件工作时对其它组件温度的影响。

对温度比较敏感的组件最好安置在温度最低的区域（如设备的底部），千万不要将它放在发热组件的正上方，多个组件最好是在水平面上交错布局。

设备内印刷板的散热主要依靠空气流动，所以在设计时要研究空气流动路径，合理配置组件或印刷电路板。空气流动时总是趋向于阻力小的地方流动，所以在印刷电路板上配置组

件时，要避免在某个区域留有较大的空间。整机中多块印刷电路板的配置也应注意同样的问题。

实际经验证明，采用合理的组件排列方式，可以有效地降低印刷电路的温度升高，因而使组件及设备的故障率明显下降。

以上所述只是印刷电路板可靠性设计的一些通用原则，印刷电路板可靠性与具体电路有着密切的关系，在设计中必需根据具体电路进行相应处理，才能最大程度地保证印刷电路板的可靠性。