نکات مهم در طراحی و روتینگ PCB سرعت بالا (HIGH SPEED)

تاریخ انتشار۱۲ دی, ۱۴۰۲ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطلب قبلی از نکات طراحی PCB به مروری بر PCB های سرعت بالا پرداخته شد. در این مطلب به نکات مهم و اصلی در طراحی مدار و PCB های سرعت بالا (High Speed) پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از این لینک مطالعه و بررسی کنید.

مقدمه

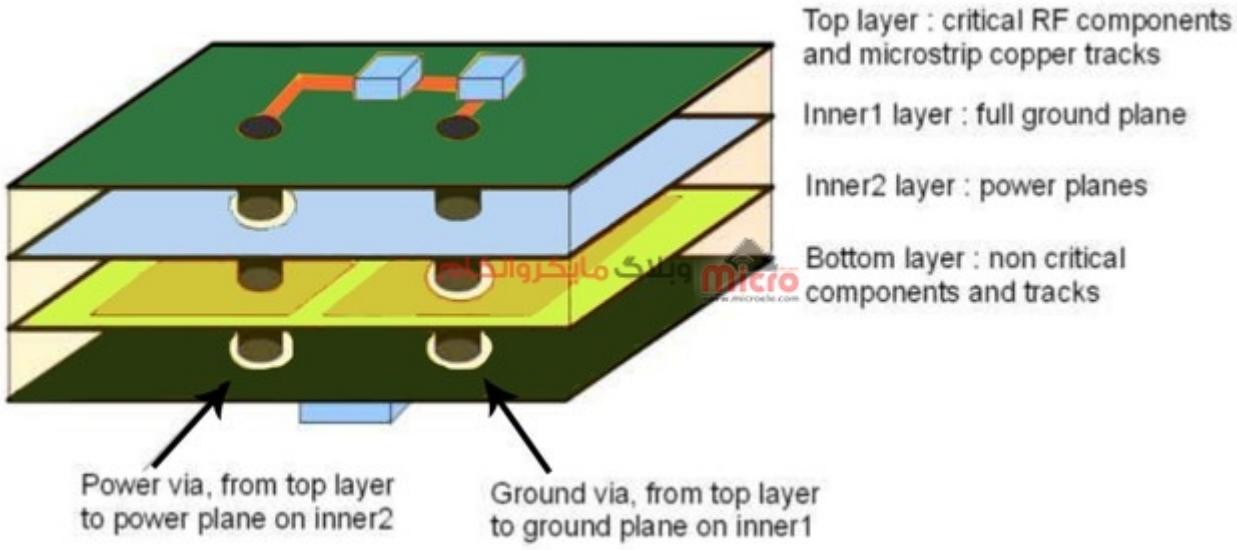
اکثر PCB های طراحی شده می‌توانند تحت تاثیر نوعی مشکل یکپارچگی سیگنال قرار گیرند که عموما با طراحی های دیجیتال سرعت بالا مرتبط می‌باشند. طراحی PCB و برد های سرعت (high speed) بالا مبتنی بر طراحی با کمترین اثر عدم یکپارچگی سیگنال، توان و مشکلات EMI/EMC می‌باشد. به بیانی دیگر، باید نکاتی را در یک طراحی در نظر گرفت تا PCB اصولی طراحی شود. در این مطالب برخی نکات مهم در طراحی PCB های سرعت بالا بیان شده است.پیشنهاد می‌شود قبل از مطالعه این بخش، قسمت های قبلی این مطلب را از دستسرسی زیر مطالعه نمایید.

مرور و معرفی طراحی *PCB* های سرعت بالا*(High Speed)*

سیگنال های دیجیتال سرعت بالا را در *PCB* دو لایه

مسیرکشی سیگنال های High speed (سرعت بالا) برروی یک صفحه GND یکپارچه

بعنوان یک اصل کلی، داشتن یک لایه GND مشترک زیر ترک های سرعت بالا بسیار مفید است. برای حصول نتیجه بهتر، می‌توان از یک PCB با چهار لایه استفاده کرد. با این کار می‌توان یک لایه را مختص GND قرار داد و اصطلاحا زمین یکپارچه ای ایجاد کرد. از همین رو امپدانس بین دو نقط GND را حداقل خواهد کرد. باید دقت کرد برای داشتن GND یکپارچه نباید بین آن قطعی با مسیر کشی های دیگر ایجاد گردد.



لایه بندی PCB های سرعت بالا(High Speed)

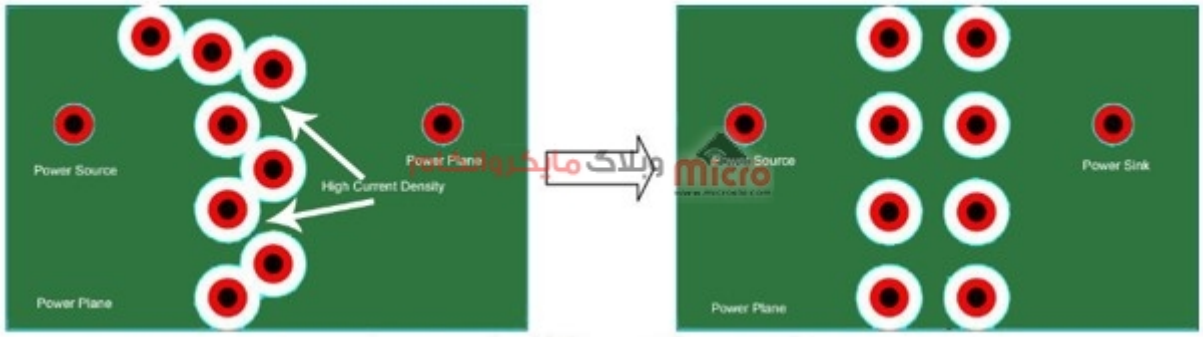
هنگام استفاده از لایه خارجی نزدیک به لایه GND برای قرارگیری قطعات سرعت بالا مانند قطعات RF که از ترک های میکرواستریپ (microstrip) یا هم سطح استفاده شده است، لایه مقابل آن برای استفاده از قطعات کمتر مهم و حساس استفاده می‌شود. از لایه های میانی نیز برای تغذیه استفاده می‌شود تا سطح وسیع تری داشته و علاوه بر یکپارچگی بیشتر، امپدانس آن نیز کمتر شود.

طراحی برد بصورت قرار گفتن قطعات دو طرفه در برخی موارد دارای صرفه اقتصادی است. با این حال پیاده سازی این حالت دارای سختی های خود نیز می‌باشد. مثلا هنگام روتینگ ترک ها در هر دو طرف در یک مکان باعث می‌شود یکپارچگی GND در PCB از دست برود.

در طراحی PCB دو لایه باید حتی المقدرو از لایه بالا برای روتینگ استفاده شده تا در لایه زیر حداقل روتینگ انجام شود. بطور کلی باید از صفحه GND منقطع پرهیز کرد مگر برای کاهش خطرات ESD یا نویز آنالوگ (جدا کردن زمین دیجیتال و آنالوگ) اینکار را بصورت اصولی انجام داد.

دفع حرارت با استفاده از Via

وایا های سیگنال باعث برهم زدن یکپارچگی صفحه تغذیه و GND و خود سیگنال نیز می‌شود. قراردادن وایا در موقعیت نامناسب نیز دلیلی دیگر بر این امر خواهد بود و باعث افزایش چگالی جریان می‌گردد. این مناطق را تحت عنوان مناطق گرم یا hot spot نیز می‌شناسند. به عنوان یک راه حل می‌توان همانند تصویر زیر وایا را در یک شکل مشخص و با فواصل یکسان قرار داد.



قرار گیری وایا به شکل منظم برای کاهش اثر *hotspot* در *PCB* سرعت بالا

زاویه 135 درجه بجای 90 درجه در روتینگ مسیر های سرعت بالا

هنگام استفاده از مسیر های سیگنال سرعت بالا (high speed) باید خمیدگی مسیر خیلی کم بوده و مسیر صاف و مستقیم باشد. در صورت نیاز به خمیدگی مسیر، باید از زاویه 135 درجه در خمیدگی بجای 90 استفاده کرد. در تصویر زیر یک نمونه صحیح این مورد نمایش داده شده است.

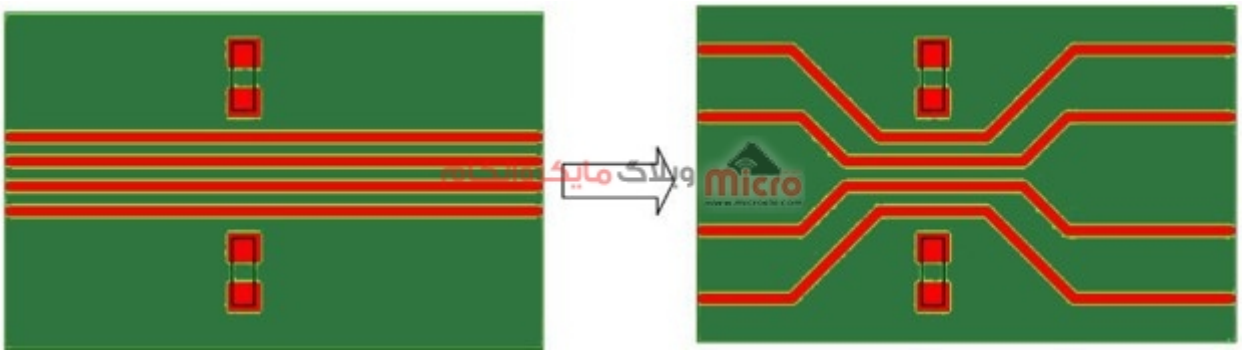
خمیدگی مسیر سیگنال *high speed* با زاویه 135 درجه

در طراحی PCB سرعت بالا (high speed) برای داشتن طول مسیر مشخص، مسیر های مارپیچی نیاز است. حداقل فاصله بین هر پیچش باید 4 برابر پهنای ترک باشد. هر قسمت از پیچش نیز باید 1.5 برابر پهنای ترک نیز باشد.

استفاده از مسیر مارپیچی برای سیگنال های سرعت بالا(high speed)

افزایش فاصله بین مسیر های سیگنال برای کاهش crosstalk

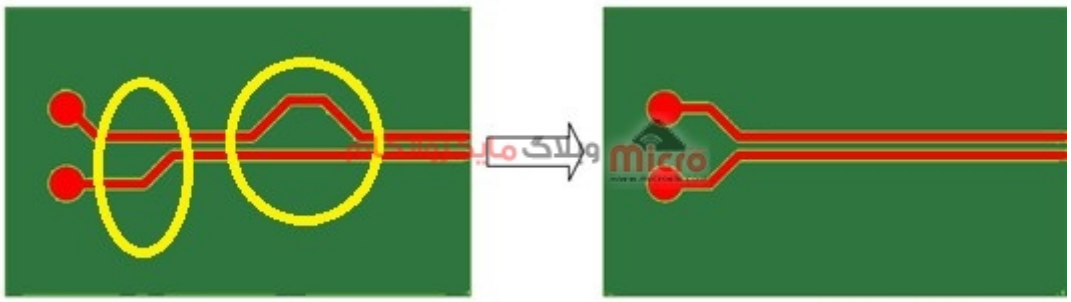
برای جلوگیری از crosstalk یا تداخل در طراحی PCB های سرعت بالا، باید بین مسیر های سیگنال به اندازه کافی فاصله باشد تا از تاثیر بر روی یکدگیر جلوگیری شود. در برخی موارد دچار محدودیت هایی در روتینگ می‌شویم که گاها مجبوریم فاصله خیلی کمی بین trace ها داشته باشیم. به عنوان مثال در تصویر زیر می‌توان به این مورد اشاره کرد. همانطور که مشاهده می‌شود می‌توان برای کاهش اثرات آن، در مسیر های انتهایی یا ابتدایی فاصله بین مسیر ها را افزایش داد.



افزایش فاصله بین مسیر های سیگنال برای جلوگیری از crosstalk در PCB های سرعت بالا

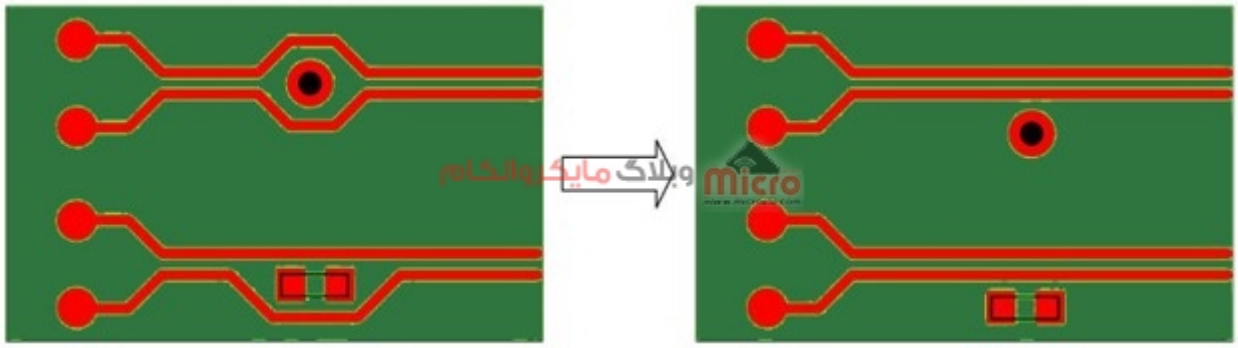
عدم قرارگیری قطعه یا وایا بین مسیر های دیفرانسیلی

همانطور که در مطلب قبل بیان شد، باید مسیر دیفرانسیلی بطور زوج روتینگ شده و دقیقا هم اندازه و متقارن با هم باشند. تصویر زیر گویای این مطلب نیز می‌باشد.



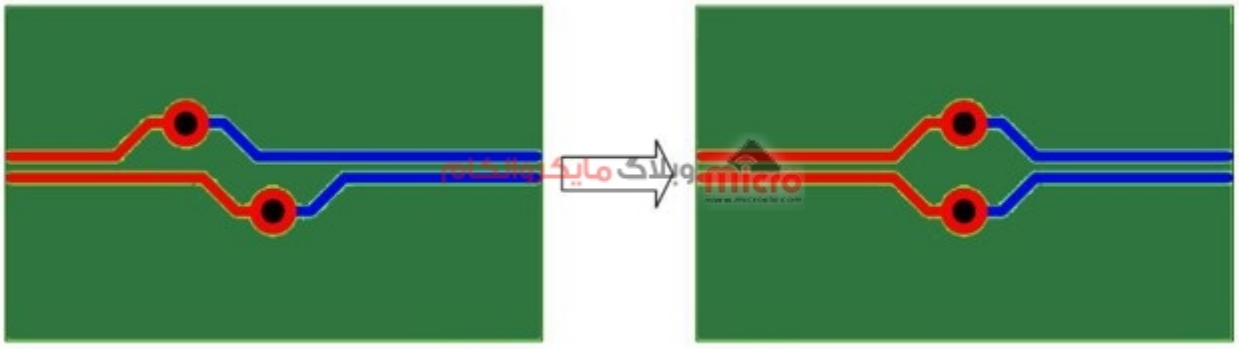
تقارن و یکسان بودن مسیر های دیفرانسیلی

همانطور که بیان شد مسیر های دیفرانسیلی بایستی متقارن بوده و نباید بین آن قطعه یا وایا قرار گیرد. حتی اگر بصورت متقارن روتینگ شده باشد. در صورت عدم رعایت این نکته، شاهد مشکلات EMC در برد های سرعت بالا (high speed) و عدم تطبیق امپدانس خواهیم بود.



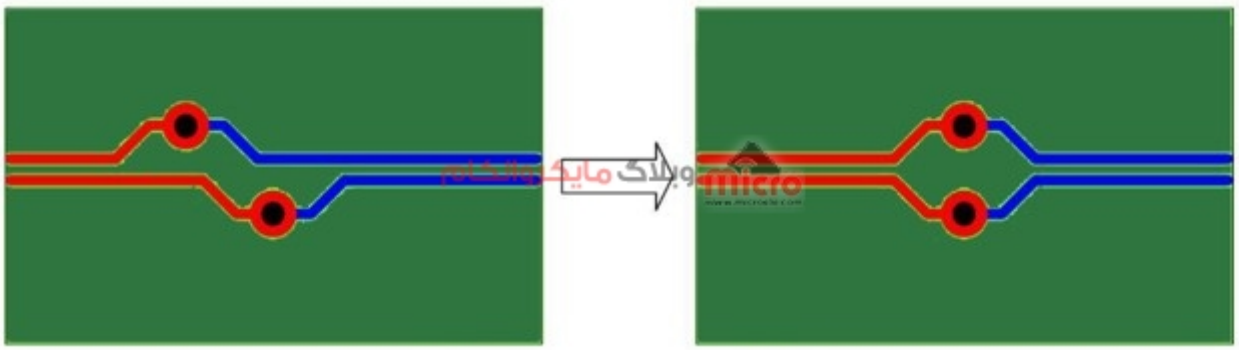
مسیر های دیفرانسیلی متقارن و هم اندازه

در برخی از مسیر های دیفرانسیلی نیاز به خازن های کوپلینگ است. برای قرار دادن این خازن ها نیز باید بصورت همزمان و متقارن این کار را انجام داد. در صورت عدم رعایت این نکته دچار عدم تطبیق امپدانس در طول مسیر خواهیم شد. علاوه بر این خازن با پکیج 0402 نسبت به 0603 ارجحیت بیشتری داشته و باید از بکارگیری پکیج های بزرگتر اجتناب کرد.



قرارگیری وایا بصورت متقارن در طول مسیر

همانطور که پیشتر ذکر شد نباید از وایا در طول مسیر استفاده کرد. اما چنانچه بالاجبار ناچار به استفاده از آن شدیم باید حتما بصورت متقارن و یکسان قرار گرفته و در حداقل ترین حالت ممکن وایا گذاری انجام شود. همچنین باید مسیر دیفرانسیلی برروی یک لایه مشابه روتینگ شود.

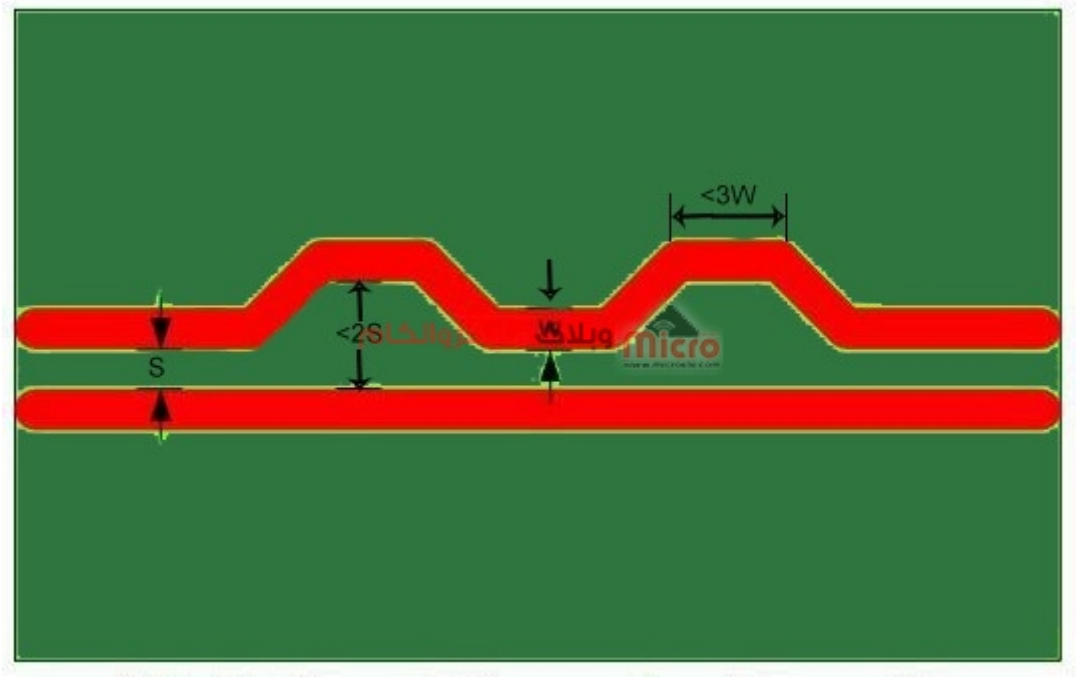


قرارگیری وایا بصورت متقارن در طول مسیر

طول یکسان جهت جلوگیری از تاخیر

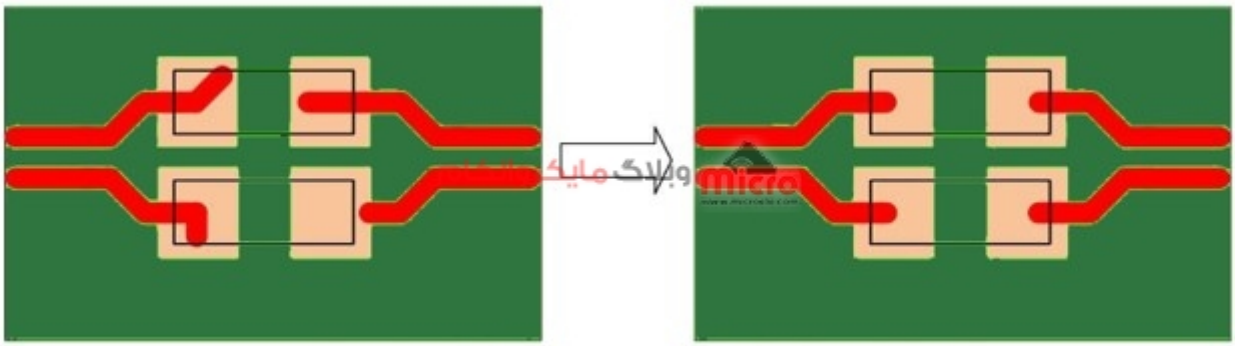
علاوه بر موارد ذکر شده در طراحی PCB های سرعت بالا، موارد دیگری نیز از جمله زمان رسیدن دیتا به مقصد یا انحراف کلاک (clock skew) نیز مهم می‌باشند. به عنوان مثال در درگاه موازی high speed یا سرعت بالا، سیگنال ها باید در یک زمان مشخص به گیرنده ارسال شوند یا دریافت شوند. از همین رو نباید انحراف کلاک وجود داشته باشد. برای دستیابی به این مورد تطبیق طول مسیر انتقال امر مهمی می‌باشد.

در مسیر های دیفرانسیلی این امر بیشتر اهمیت داشته و با استفاده از مسیر های مارپیچی این مورد کنترل شده و دو مسیر با هم برابر خواهند شد. مسیر مارپیچی نیز باید با دقت و اصولی طراحی شده تا تطبیق امپدانس مسیر بدرستی رعایت شود.



روتینگ مسیر دیفرانسلی

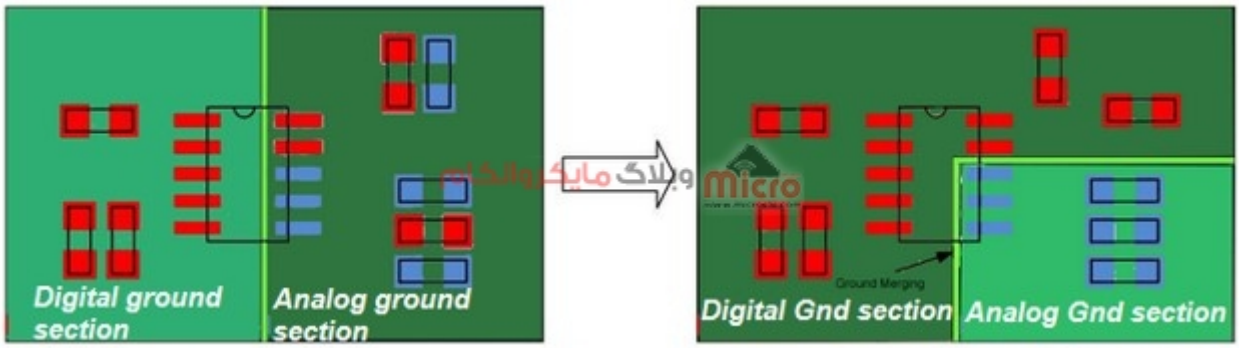
در تصویر زیر از نظر جایگذاری قطعات و روتینگ یک نمونه مشابه قابل مشاهده است. اما چیزی که در تصویر سمت چپ وجود دارد این است که در پد های قطعه، در مسیر مورد نظر کمی اضافه دارد. همین مورد بسیار جزئی بسیار مهم بوده و باعث عدم تطبیق طول مسیر شده و مشکلات خود را به دنبال خواهد داشت. لذا برابر بودن مسیر روتینگ امر مهمی می‌باشد.



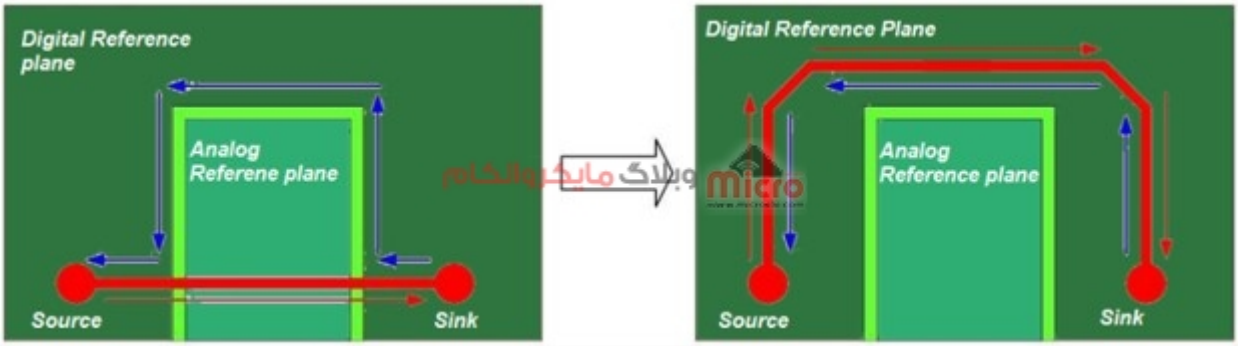
برابر بودن مسیر روتینگ در طراحی *PCB* سرعت بالا

جداسازی GND آنالوگ و دیجیتال و کاهش نویز

تفکیک محل قرار گیری اجزای آنالوگ و دیجیتال و همچنین جداسازی GND های مربوطه باعث بهبود وضعیت PCB های سرعت بالا خواهد شد. در مدار هایی که شامل هر GND بخش آنالوگ و دیجیتال مجزا هستند مستلزم اتصال آنها بهم در یک نقطه می‌باشد. بصورت کلی پیشنهاد می‌شود از یک فریت بید یا یک مقاومت صفر اهم برای این امر استفاده نمود. همچنین در بخش دیجیتال نباید روتینگ بخش آنالوگ یا برعکس انجام گردد.



جداسازی GND آنالوگ و دیجیتال در PCB های high speed



تفکیک روتینگ بخش های آنلوگ و دیجیتال در PCB های سرعت بالا

پکیج قطعات مصرفی متناسب با پهنای مسیر سیگنال

بدیهی است اولین گام طراحی PCB و مدار، طراحی شماتیک و انتخاب قطعات آن است. در طراحی PCB های high speed (سرعت بالا) بهتر است عرض یا پکیج قطعه مورد نظر تقریبا با پهنای مسیر سیگنال برابر باشد. این امر باعث کاهش تاثیرات عدم تطبیق امپدانس بین مسیر مسی و پد قطعه خواهد شد.

استفاده از پکیج هم اندازه با مسیر سیگنال در مدار سرعت بالا

برخی نکات مهم در طراحی PCB های سرعت بالا(high speed)

- انتخاب پهنای مناسب مسیر های سیگنال متناسب با نحوه لایه بندی(stack-up) و امپدانس
- جایگذاری خازن های دیکوپلینگ در نزدیک ترین نقطه به پایه های تغذیه
- GND های مجزا برای بخش آنالوگ و دیجیتال
- توجه به توصیه های مندرج در دیتاشیت ماژول یا قطعات مصرفی خاص
- پرهیز از روتینگ مسیر سیگنال های حساس و مهم برروی صفحه ولتاژ بالا یا قدرت
- طول مساوی و روتینگ همزمان و متقارن مسیر های دیفرانسیلی
- حداقل رساندن وایا برروی سیگنال های سرعت بالا
- بهم متصل کردن قسمت های پاور و GND به یکدیگر توسط وایا

نتیجه گیری

طراحی PCB های سرعت بالا (High Speed) دارای نکاتی است که در صورت رعایت این موارد می‌توان مداری مناسب و اصولی طراحی کرد تا در صورت انجام تست هایی نظیر EMC سربلند بیرون آید. اصلی ترین نکته ای که باید رعایت کرد این است که PCB دارای یکپارچگی GND بوده و تا حد امکان از قرار دادن وایا برروی مسیر های سیگنال جلوگیری به عمل آید. همچنین فاصله مناسب و کافی بین مسیر های نزدیک به هم بسیار مهم بوده و در مسیر های دیفرانسیلی باید علاوه بر یکسان بودن طول مسیر، تقارن آن نیز رعایت گردد.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون فید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و پیج مایکروالکام (@microelecom) رو هم منشن کنید.