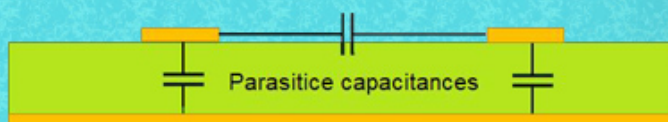
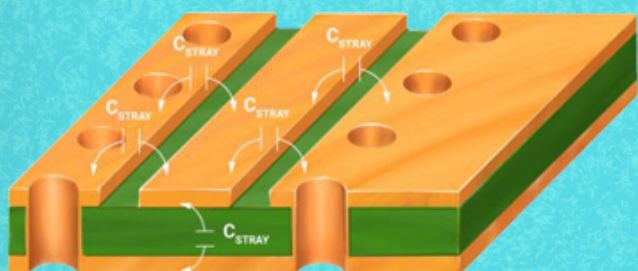




کاهش اثر خازن پارازیتی یا PARASITIC CAPACITANCE در طراحی PCB

کاهش اثر خازن پارازیتی یا parasitic capacitance در طراحی PCB



<https://blog.microele.com>

تاریخ انتشار: ۲ مهر، ۱۴۰۲ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطلب قبلی از نکات **طراحی PCB** به **حافظه های NAND و NOR در PCB** پرداخته شد. در این مطلب به بررسی خازن پارازیتی (ظرفیت خازنی انگلی یا اضافی) parasitic capacitance و نحوه کاهش و تاثیرات آن بر مدارهای PCB 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

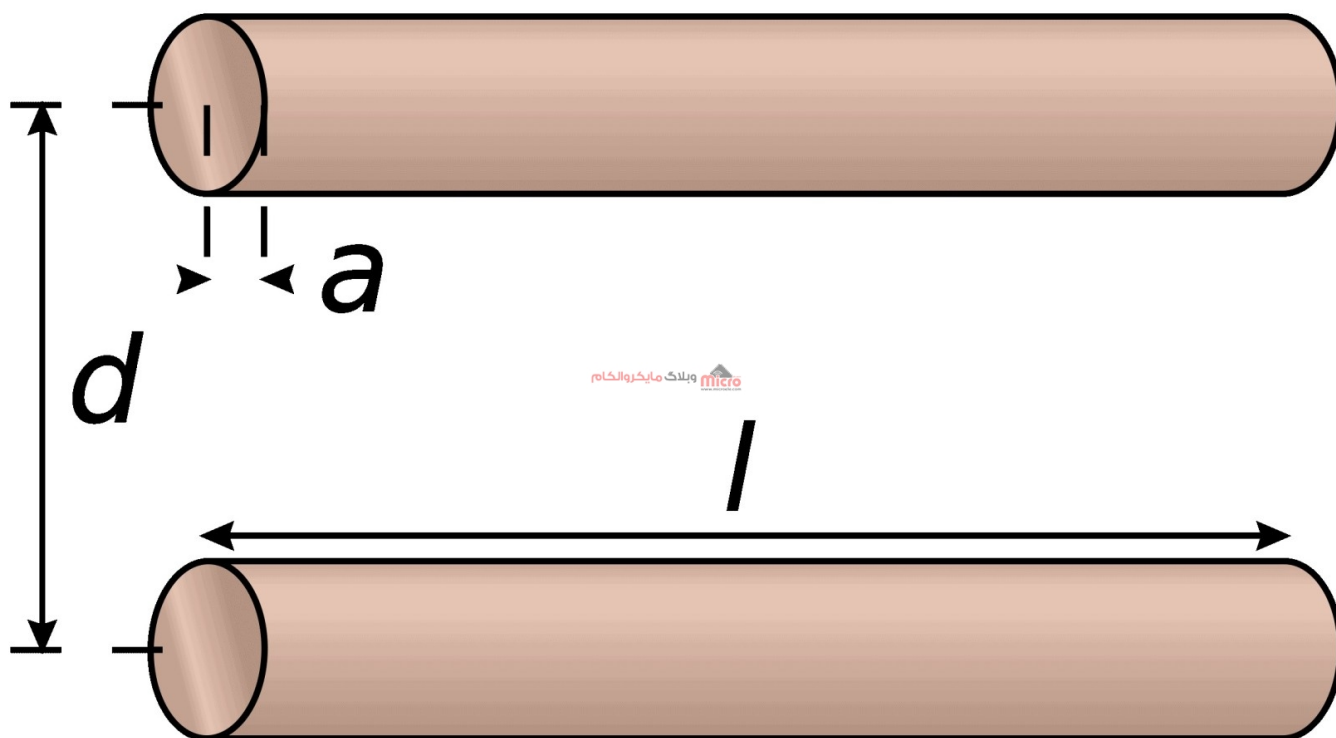
Parasitic به معنی تحت اللفظی انگلی است. اما این معنی در الکترونیک و طراحی PCB فرا تر بوده و تعبیر دیگری پیدا خواهد کرد. ظرفیت خازنی Parasitic یا Parasitic capacitance (به تعبیر دیگر خازن پارازیتی یا اضافی) ایجاد شده در PCB می‌تواند یکپارچگی سیگنال (Signal Integrity) را تحت تاثیر قرار داده و عملکرد و کارایی سیستم را هدف قرار دهد. از همین رو بحث مهم و غیر قابل انکاری در طراحی مدار الکترونیکی PCB بوجود خواهد بود. منبع نویز در سیستم‌های الکترونیکی گونه‌های مختلفی دارد. گاهی از منابع خارجی بوده و گاهی از قسمتی از برد PCB به بخش دیگر نفوذ پیدا می‌کند. نویز می‌تواند از دو عامل Parasitic capacitance یا از راه Parasitic inductance به مدار یا سیستم الکترونیکی نفوذ پیدا کند. فهم و تشخیص Parasitic inductance چه از نظر تداخل (crosstalk) یا از نظر coupling نویز آسوده تر است.

بررسی و معرفی ظرفیت خازنی انگلی یا Parasitic capacitance

خازن پارازیتی در واقع حالتی است که عناصر در مدار الکترونیکی یا PCB از نظر فیزیکی خازن نبوده ولی رفتاری شبیه خازن از خود نشان می‌دهند. درک این موضوع با دانستن فیزیک خازن ساده تر می‌شود. یک خازن از دو جوشن رسانا و عایقی بین آن دو تشکیل می‌شود. حال با توجه به چینش یا tracking روی PCB، خازن ناخواسته‌ای که ایجاد می‌شود را خازن Parasitic یا پارازیتی و اضافی یا همان Parasitic capacitance معرفی می‌کنند.

این خازن می‌تواند بین دو رسانا، پدها، قسمت رسانا و زمین مجاور یا هر دو عنصر دیگری که می‌تواند تشکیل دهنده نوعی خازن باشد ایجاد شود. هنگامی که دو قسمت از مدار خیلی بهم نزدیک و دارای سطح ولتاژ متفاوت باشند، احتمال تشکیل این نوع خازن خیلی بیشتر خواهد بود. به تعبیر دیگر ظرفیت خازنی parasitic رابطه‌ای بین فضا و فاصله هادی‌ها از یکدیگر است.

از تصویر زیر می‌توان نحوه تشکیل خازن بین دو رسانا را فهمید. هنگامی که هادی‌ها دارای دو سطح ولتاژ متفاوت باشند، بار تشکیل شده را می‌توان از فرمول $C = (\epsilon \times a) / d$ محاسبه کرد.



نحوه تشکیل خازن

تاثیر Parasitic capacitance بر روی مدار

مقابله با این خازن و کاهش اثر آن کار عموماً دشواری نمی‌باشد. اما مستلزم درک درستی از تاثیر نحوه چینش PCB بر ظرفیت متقابل آن دارد. در سیستم یا مدارتی که دارای فرکانس بالا یا دارای گره dv/dt قوی یا سریعی هستند، برخی نکات ساده می‌تواند طراح را در کاهش تاثیرات Parasitic capacitance کمک نماید. می‌توان گفت احتمال تاثیر خازن parasitic یا پارازیتی در مدارهای فرکانس پایین کم بوده و عموماً مشکل جدی ایجاد نمی‌کند. اما هنگامی که PCB فرکانس بالا یا High Speed باشد این موضوع اهمیت زیادی پیدا خواهد کرد. هرچه فرکانس بیشتر شود، رفتار خازن نیز تغییر پیدا کرده و همانند یک عنصر اتصال کوتاه عمل می‌کند.

مثلاً در طراحی مدارات آمپلی فایر، ظرفیت خازنی parasitic capacitance بوجود آمده بین ورودی و خروجی می‌تواند

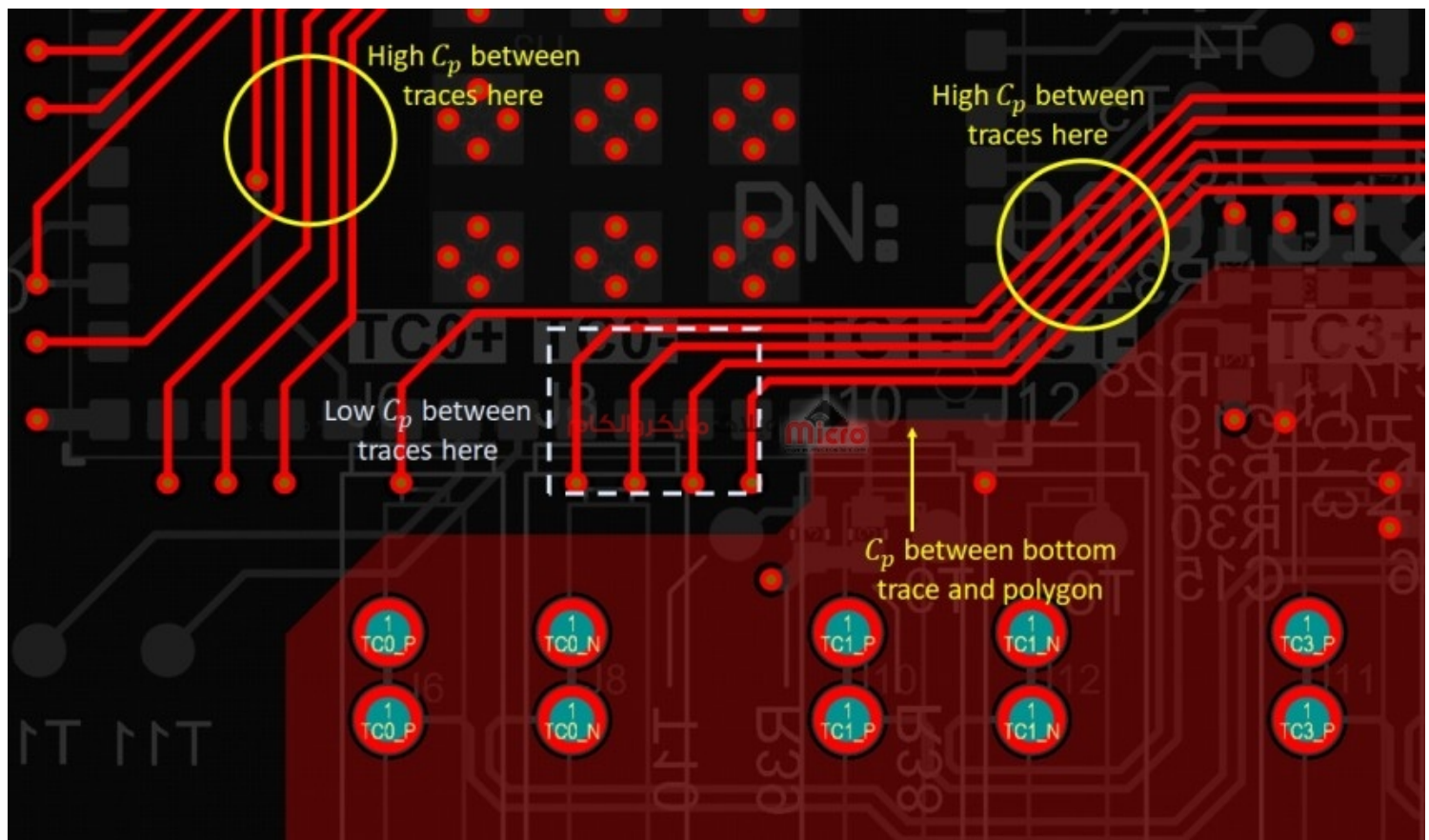


باعث ایجاد feedback ناخواسته شود. معمولا مسیر open circuit (اتصال باز) در فرکانس بالا بصورت رسانا عمل کرده و باعث نوسان parasitic در مدار آمپلی فایر می شود.

ظرفیت خازن اضافی یا parasitic می تواند برای دو قسمت رسانا مجاور یکدیگر مشکل آفرین باشد. هنگامی که یکی از مسیر های رسانا حامل سیگنال های فرکانس بالا باشد، خود می تواند باعث ایجاد crosstalk شده و باعث تداخل در رسانای دیگر شود. طبیعا هرچه parasitic capacitance بیشتر باشد، باعث افزایش نویز EMI خواهد شد.

شناسایی و اقدام برای کاهش خازن پارازیتی یا parasitic

از آنجا که فرمول واحدی برای خازن parasitic وجود ندارد، یک تعریف عمومی برای آن وجود دارد. Parasitic capacitance در حقیقت خازن ناخواسته ای است که بین دو رسانا که توسط عایق از یکدیگر جدا شده اند تشکیل می شود. در PCB، خازن parasitic در هر جایی می تواند بوجود آید. اگر به تصویر PCB زیر دقت نمایید مکان هایی که ظرفیت خازنی اضافی می تواند بوجود آید مشخص شده است. البته این موارد در لایه top مشخص شده اند. خازن اضافی ایجاد شده می تواند بین هر دو جفت هادی یا رسانا که بین آن دی الکتریک باشد ایجاد گردد.



مکان های مستعد ایجاد خازن پارازیتی یا parasitic capacitance

هنگامی که در PCB خازن parasitic را داشته باشیم می‌تواند توسط دو عامل بوجود آمده باشد. اولاً به عنوان خود خازن (self-capacitance) که بصورت ظرفیت خازنی بالایی بصورت ناخواسته بین یک رسانا و رسانای دیگر معمولاً GND بوجود می‌آید. ثانیاً به عنوان ظرفیت متقابل (mutual-capacitance) بین دو رسانا که هر یک از آنها به رسانای دیگری مرتبط باشند. می‌توان این نوع خازن را نوعی بیان کرد که باعث جفت شدن بین مسیر (trace) می‌شود.

سوال مهمی که مطرح می‌شود این است که چرا ظرفیت بالای خازنی پارازیتی یا parasitic capacitance مهم است؟ از این جهت که وقتی که بین دو هادی جفت شده تغییر پتانسیل وجود داشته باشد باعث جابجایی یا تغییر جریان روی هر هادی یا رسانا می‌شود، حائز اهمیت است. این یکی از اشکالات crosstalk است که باید در نظر گرفته شود. معمولاً زمانی که از یک سیگنال سوئیچینگ، سیگنالی بر یک مسیر دیگر نفوذ پیدا کند را crosstalk می‌نامیم. اما همین عملکرد می‌تواند در ساختارهای دیگر که مقداری parasitic capacitance وجود داشته باشد باعث بروز نویز شود.



کاهش خازن parasitic

می‌توان گفت حذف کامل خازن پارازیتی ممکن نیست اما با اتخاذ روش‌های درست، می‌توان آن را کاهش داد. در ادامه به برخی از روش‌ها برای کاهش این مورد اشاره شده است. خازن پارازیتی می‌تواند باعث کاهش زمان Tr یا صعود (Rise time) و Tf یا فرود (Fall time)، کاهش پهنای باند و باعث ایجاد موج برگشتی شود.

- **افزایش فاصله بین مسیرهای مسی:** در صورت امکان، افزایش clearance بین trace یا مسیرهای سیمی می‌تواند مفید باشد. به تعبیر دیگر ظرفیت خازن با فاصله بین دو رسانا رابطه عکس دارد. هرچه فاصله بیشتر باشد، ظرفیت خازنی ایجاد شده کمتر خواهد شد.
- **استفاده از صفحه GND مناسب:** برای کاهش اندوکتانس سرگردان یا stray inductance، اثرات EMI و تلفات گرمایی استفاده از GND در لایه داخلی توصیه می‌شود. اما باید این نکته را نیز در نظر داشت که این عامل می‌تواند باعث افزایش parasitic capacitance نیز شود. لذا باید اولویت‌های مهم خود را در نظر داشته باشید.
- **کاهش via:** وایا دارای مزایایی هستند اما باید در نظر داشت که استفاده زیاد آن توصیه نمی‌شود. چرا که باعث بروز و تشکیل خازن اضافی خواهد شد. تا جایی که ممکن است استفاده از آن را کاهش داده و در مسیرهای سرعت بالا استفاده نگردد.

خازن متقابل بین دو trace

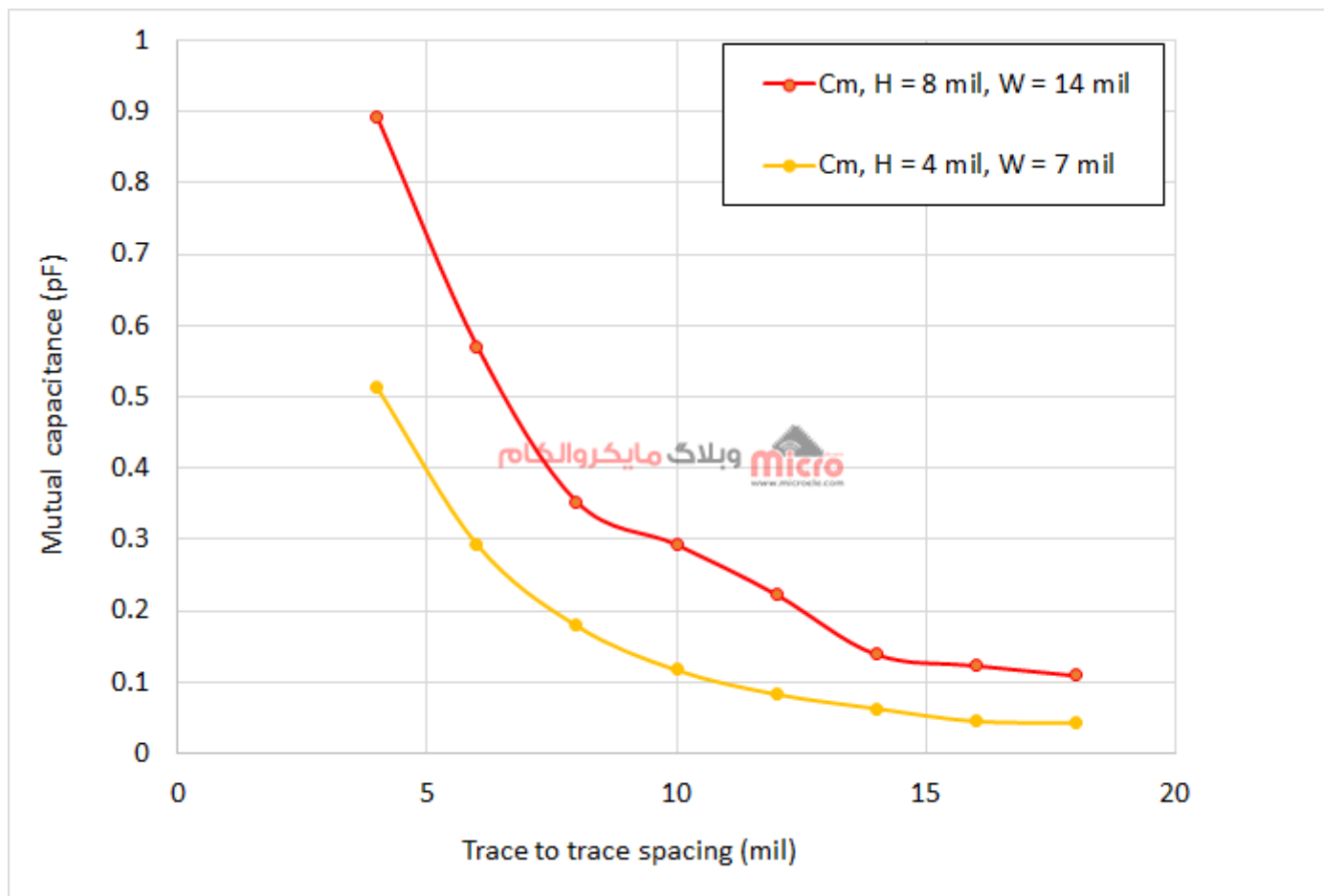
crosstalk خازنی یکی از دو نوع (نوع دیگر: القایی) کوپلینگ بین trace هاست که از یک سیگنال به سیگنال دیگر می‌تواند باعث ایجاد نویز شود. در لایه بندی و چیدمان PCB با در نظر گرفتن اینکه روی یک محدوده GND مسیر کشی کرده باشیم، دو گزینه برای کاهش این نمونه خازن اضافی داریم.

- استفاده از GND در نزدیکی مسیرها در حالیکه پهنای trace را باریک تر می‌کنیم (برای امپدانس ثابت).
- افزایش فاصله بین trace یا مسیرها

می‌توان گفت هر توصیه‌ای که در باره کاهش تداخل یا crosstalk وجود داشته باشد مورد دوم را توصیه کرده است. این درحالی است که مورد اول نیز تاثیر گذار خواهد بود. به این دلیل که بار/جریان در صفحه GND را به trace نزدیک تر



می‌کند. در تصویر زیر نحوه تاثیر فاصله تا GND (مشخص شده با H) در امپدانس 50 اهم بر روی خازن پارازیتی parasitic بررسی شده است. می‌توان بیان داشت هر چه فاصله تا GND کمتر و همچنین هر چه فاصله trace تا trace نیز بیشتر باشد، خازن پارازیتی ایجاد می‌کند کمتر خواهد بود.



بررسی تاثیر فاصله trace ها از یکدیگر و فاصله تا GND بر خازن پارازیتی parasitic

نتیجه گیری

برای حالت خود خازنی (self-capacitive) خازن پارازیتی نیاز است که هادی ها جدا یا کوچکتر شوند. برای نوع خازن متقابل یا mutually-capacitive خازن parasitic، نیاز به کاهش کوپلینگ بوسیله افزایش ظرفیت خود خازنی بیشتر از خازن



متقابل می‌باشد. در مثال بالا آمده است که با نزدیکتر کردن صفحه زمین به اتصالات متقابل در PCB (بدون ایجاد تغییرات دیگر در اتصالات)، خازن‌های متقابل به طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کنند. این نشان می‌دهد که می‌توان با تغییر مکان قطعات یا صفحه زمین به اتصالات، خازن‌های پارازیتی را کاهش داد.

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 دیدگاه‌ها قرار بدید. در کوتاه‌ترین زمان ممکن به اون‌ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید 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.