



## 10 نکته کلیدی طراحی PCB و برد الکترونیکی برای خودرو



تاریخ انتشار: ۳۰ دی، ۱۴۰۱ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما میکروالکامی ها. در مطلب قبلی از **نکات طراحی PCB** به معرفی و مقایسه استاندارد های IPC پرداخته شد. در این مطلب به سرنخ ها و نکات کلیدی در طراحی برد PCB و مدار های الکترونیکی برای خودرو و ماشین 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.



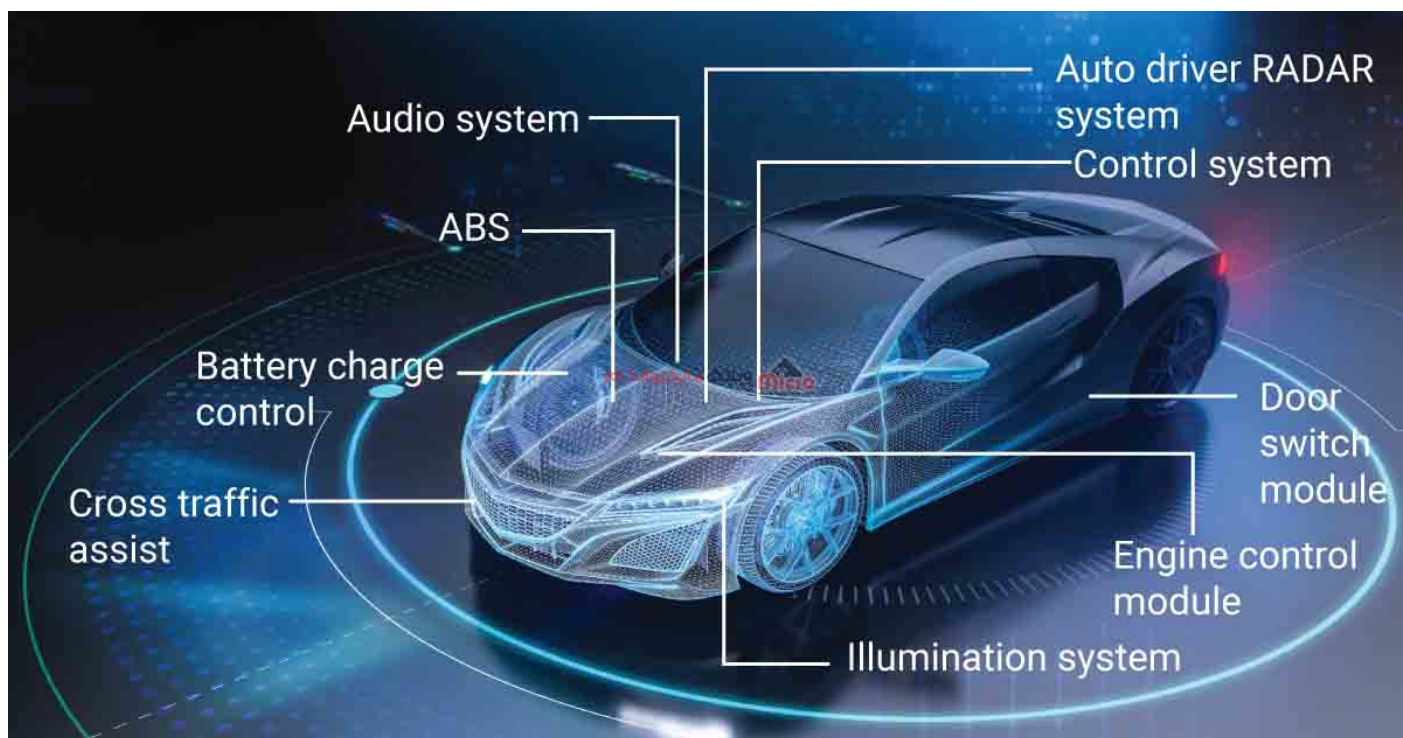
## مقدمه

طراحی PCB و برد های الکترونیکی برای خودرو و ماشین ها امروزه به دلیل رقابت تنگاتنگ بین خودرو سازان دارای محبوبیت بیشتری شده است. برد های الکترونیکی (PCB) و ICE ها بخش جدایی ناپذیر از هر خودرو ای می باشد. پیشرفت در این برد ها باعث ادغام و استفاده از ویژگی های منحصر به فردی نظیر حالت خود ران (Autopilot)، پارک خودکار، ترمز اضطراری، استارت بدون سوئیچ و... شده که منجر به مدرن شدن خودرو ها گردیده است. در این مطلب به بیان چندین نکته در طراحی PCB و برد های الکترونیکی با کاربرد در خودرو خواهیم پرداخت.

## نقش برد های الکترونیکی (PCB) در خودرو

قطعاتی مانند سنسور های خودرو، سیستم موقعیت یاب GPS، سیستم روشنایی، ماژول های سوئیچ درب ها، بخش کنترل موتور، سیستم صوتی همگی بخشی از اجزای اصلی یک ماشین است که با الکترونیک و مدارات الکترونیکی سر و کار دارند. از همین رو مکانیزم عملکردی آنها منوط به استفاده و طراحی برد های الکترونیکی (PCB) است. PCB در خودرو به پیشرفت های قابل توجهی نظیر موارد زیر رسیده است.

- بهبود عملکرد و بهره وری سیستم سوخت
- سیستم ایمنی و امنیتی قابل اعتماد که منجر به کاهش تصادفات رانندگی می گردد. برد های الکترونیکی به وفور در سیستم هایی مانند سیستم محافظ کیسه هوا، مانیتورینگ، دوربین ها، سنسور های تشخیص موانع و... یافت می شود.
- تکامل برنامه های استراتژیک و سازگار با محیط زیست منجر به تولید خودرو های برقی و خودران (بدون راننده) شده است.



سیستم های الکترونیکی خودرو

## نکات کلیدی در طراحی PCB با کاربرد در خودرو

PCB مورد طراحی شما باید استاندارد های مربوطه را رعایت کرده تا دارای کیفیت و دقت قابل قبولی باشد. بدون شک پیگیری فرآیند دقیق و مطابق با استاندارد و نکات کلیدی طراحی PCB، حین تولید و عملکرد برد از بروز مشکلات جدی جلوگیری به عمل خواهد آورد. از همین رو نکات مهم زیر را حتما در طراحی خود لحاظ کنید.

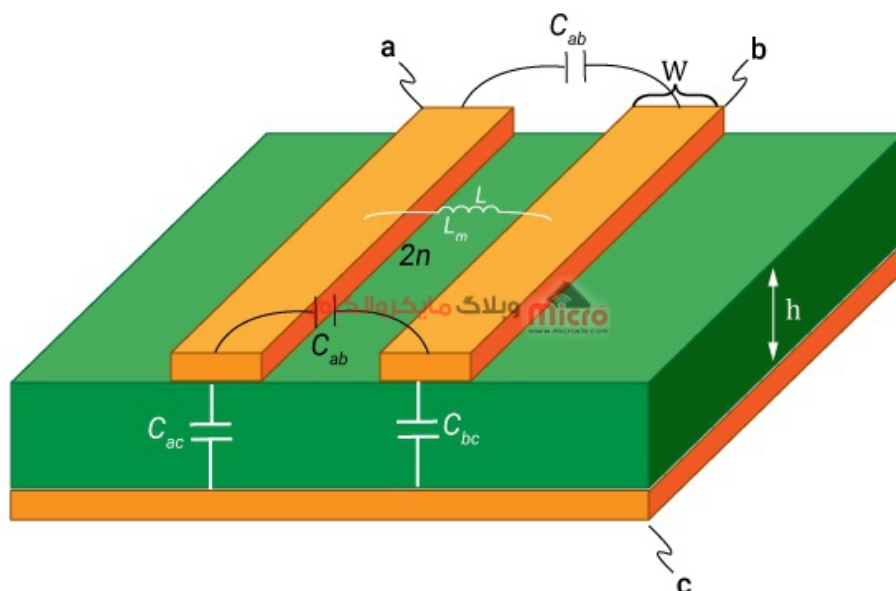
### 1- جهت و نحوه قرارگیری قطعات

موقعیت و محل قرار گیری قطعات بر روی برد تاثیر قابل توجهی در قابلیت اطمینان، تولید و عملکرد برد دارد. از همین رو مقتضی است رویه زیر را دنبال نمایید.

- قطعات مشابه را در یک جهت قرار دهید. این کار باعث ایجاد سهولت در امر روتینگ و مونتاژ قطعات خواهد شد.

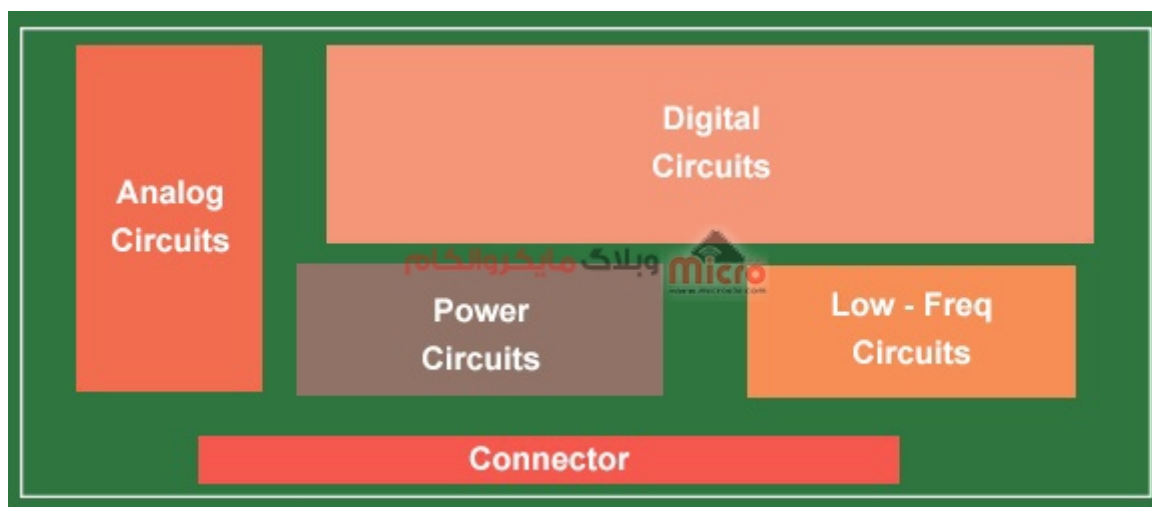


- برای لحیم کاری موجی (Wave Soldering)، قطعات باید بصورت موازی با موج ایجاد شده باشند. اینکار از ایجاد اتصال باز شدن و عدم لحیم کاری درست جلوگیری می‌کند.
- فاصله مناسب بین سلف‌های روی برد فراموش نشود.



جهت قرارگیری سلف‌ها در PCB

- جهت جلوگیری از Crosstalk، سلف‌ها را در زوایای قائم با یکدیگر قرار دهید.
- ابتدا بزرگ‌ترین و مهم‌ترین قطعات خود را چینش کنید.
- قطعات آنالوگ و دیجیتال را در بخش‌های مختلف برد جدا کنید.



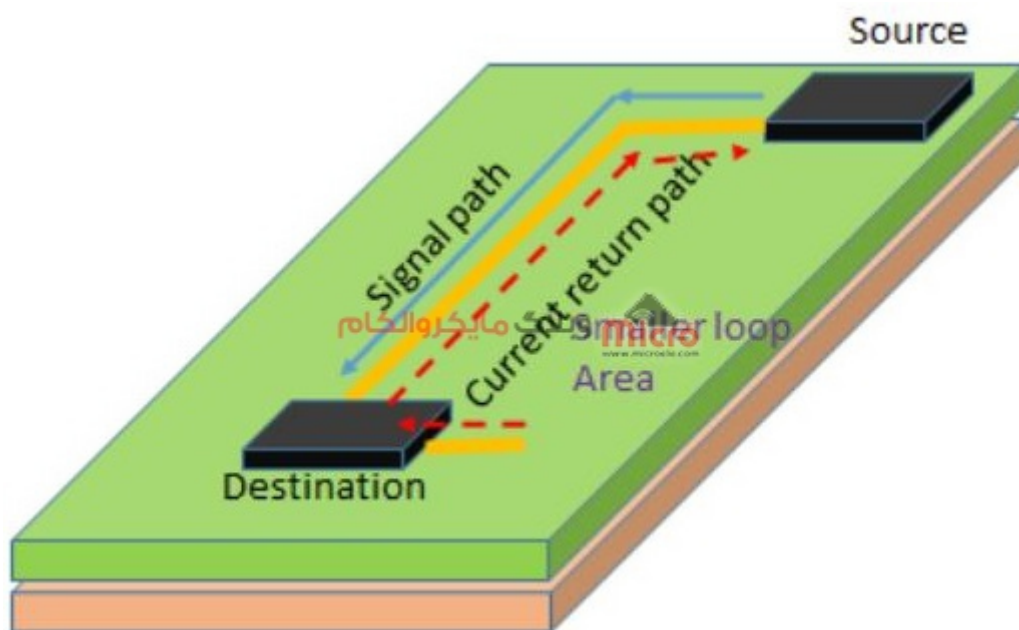
تفکیک محل قرار گیری قطعات در PCB

- از قرار دادن و چینش اجزای بلند مانند خازن های الکترولیتی در مجاورت خازن های کوچک تر و کوتاه تر پرهیز کنید. اینکار باعث جلوگیری از معیوب شدن و سست شدن لحیم کاری می شود.
- قطعاتی که مصرف توان بیشتری دارند تا حد امکان از سایر قطعات با فاصله بیشتری قرار دهید. اینکار باعث دمپ حرارتی بیشتری از روی برد خواهد شد.

## 2- مدیریت چینش قطعات برای جلوگیری از کوپلینگ

چینش غیر اصولی می تواند کوپلینگ مغناطیسی را تحت تاثیر قرار داده و ممکن است باعث ایجاد اندوکتانس متقابل شود. جهت جلوگیری از این اثرات از قواعد زیر می توان استفاده کرد.

- از قرار دادن اتصالات (Lead) نزدیک یکدیگر خودداری کنید.



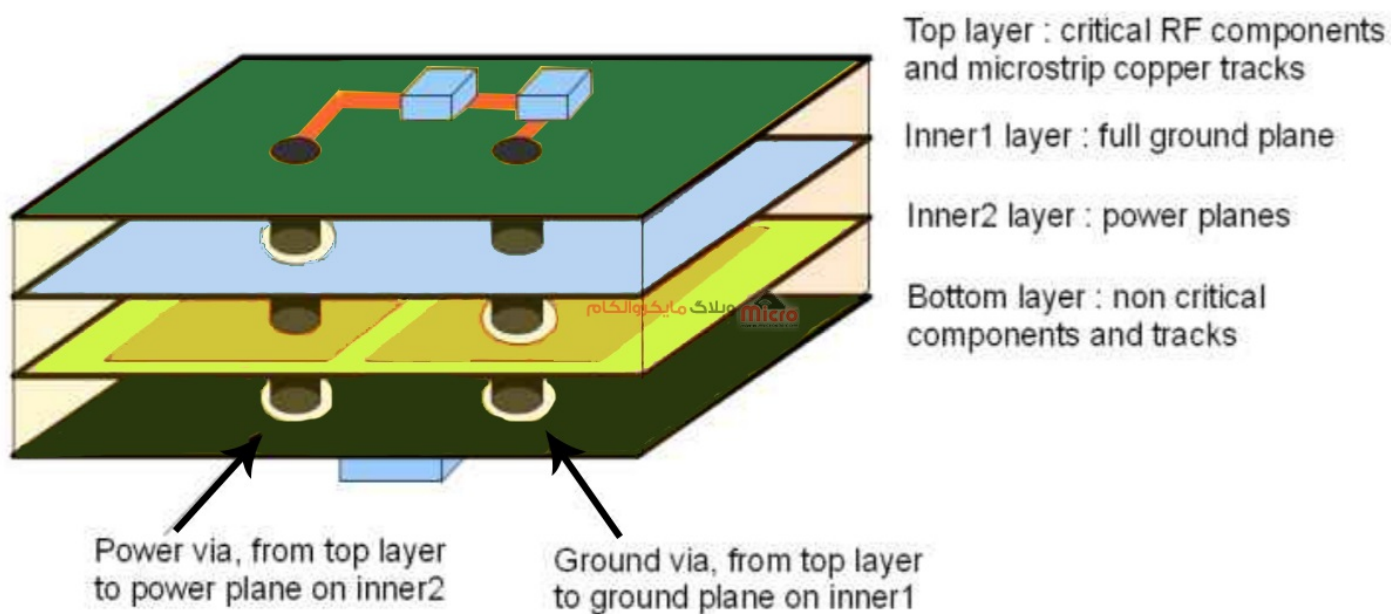
مسیر جریان برگشتی برای حلقه کوچک تر

- مسیر جریان برگشتی را نزدیک به مسیر اصلی جریان با حداقل تشعشع قرار دهید. با این کار می‌توان مسیر حلقه جریان را کاهش داد.

### 3- روتینگ مسیر های سیگنال در PCB های خودرو

برای اتصال لایه هایی که جریان بالایی دارند از 2 تا 4 وایا در هر لایه استفاده شود. اینکار باعث افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات مقاومتی و القایی و بهبود تبادل حرارتی خواهد شد. برای روتینگ مسیر سیگنال ها می‌توانید از قواعد زیر استفاده نمایید.

- پلن های تغذیه و GND را در لایه های داخلی قرار دهید.
- از سیگنال ها حساس در مقابل منابع نویز بوسیله پلن محافظت کرده و از کنترل امپدانس برای خط انتقال اطمینان حاصل نمایید.
- تا حد امکان از کوتاه ترین و صاف ترین ترک ها استفاده کنید.
- مسیر ترک ها را در برد های دو لایه در یک طرف بصورت عمودی و در طرف دیگر بصورت افقی استفاده نمایید.
- مسیر های عمودی و افقی که پیشتر ذکر شد را بطور متناوب برای برد های چند لایه استفاده کنید.

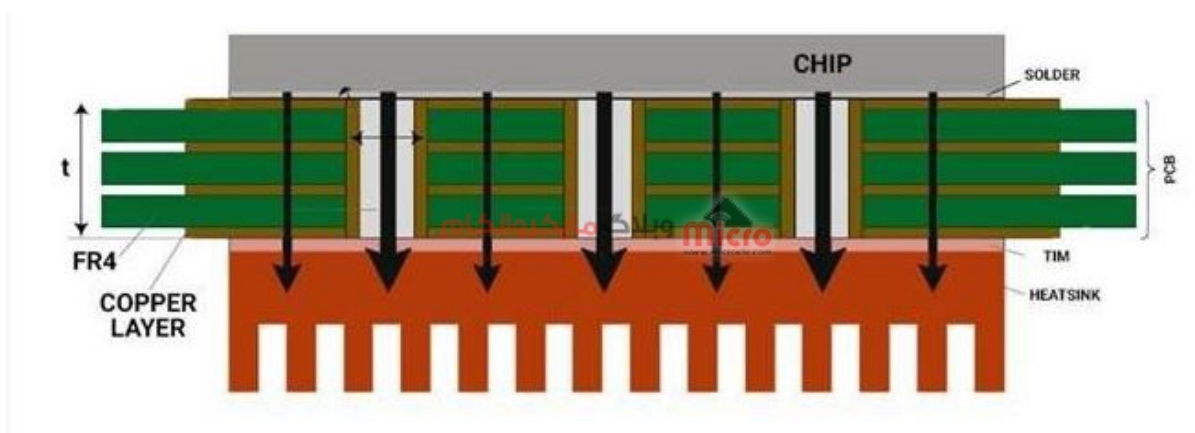


پلن های تغذیه و GND در لایه های داخلی

#### 4- مدیریت بهینه حرارت

از تکنیک هایی تحت عنوان مدیریت مناسب حرارت برای تلفات گرمایی برای قطعاتی که بیش از 10mW جذب یا رسانایی بیشتر از 10mA هستند، استفاده نمایید. برای کنترل بهتر دما می توان از نکات زیر استفاده کرد.

- پلن های مسی و وایا های سیگنال را بعنوان گذرگاه حرارتی برای افزایش تبادل حرارت انتخاب نمایید.
- وایا های سیگنال را در نزدیکی قطعه با پین های سطحی یا زیر قطعات SMD قرار دهید.
- برای قطعات توان بالا از هیت سینک استفاده نمایید.
- پد های مسی حرارتی را زیر قطعات پر حرارت زیر برد قرار دهید.



استفاده از هیت سینک برای قطعات پر حرارت در PCB

- از وایا می‌توان برای انتقال گرما از پد های سطحی حرارتی به زمین استفاده کرد.
- از هسته های فلزی یا پلی-آمید برای بهبود ویژگی های حرارتی می‌توان استفاده کرد.
- از چند پلن زمین و تغذیه برای اتصال مستقیم به منابع دفع کننده حرارتی استفاده کنید. با این کار دمای کاری عملیاتی را می‌توان کاهش داد.

## 5- بررسی مکرر قوانین طراحی

از بررسی قوانین طراحی (Design Rule Check) یا DRC برای یافتن خطاهایی که ممکن است مطابق با الزامات شما در طراحی شما نباشد استفاده کنید. این موارد می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- فاصله مناسب بین قطعات برای کل مدار و PCB و لایه های جداگانه را بررسی کنید.
- فاصله بین منبع تغذیه و سیم های زمین و فاصله زیادی بین مسیر های زمین ایجاد کنید.
- اتصال مناسب زمین برای مدار های بخش دیجیتال و آنالوگ را بررسی کنید.
- اتصالات چیدمان داخل شماتیک و PCB بصورت صحیح انجام دهید.
- یکپارچگی سیگنال، یکپارچگی توان، تداخلات الکترومغناطیسی و الزامات ایمنی را بررسی کنید..

## 6- استاندارد های طراحی خودرو

یک برد (PCB) جمع و جور کمک می‌کند تا سیستم های اطلاعاتی، ارتباطی، ایمنی، سیستم های کمک راننده، موتور و ... را اجرا کرد. از آنجا که فناوری خودرو رو به پیشرفت همه جانبه است و به سوی خودرو های بدون راننده حرکت می‌کند، پیچیدگی طراحی PCB برای خودرو نیز افزایش می‌یابد. از همین جهت برای یک طراحی اصولی و با دوام برای

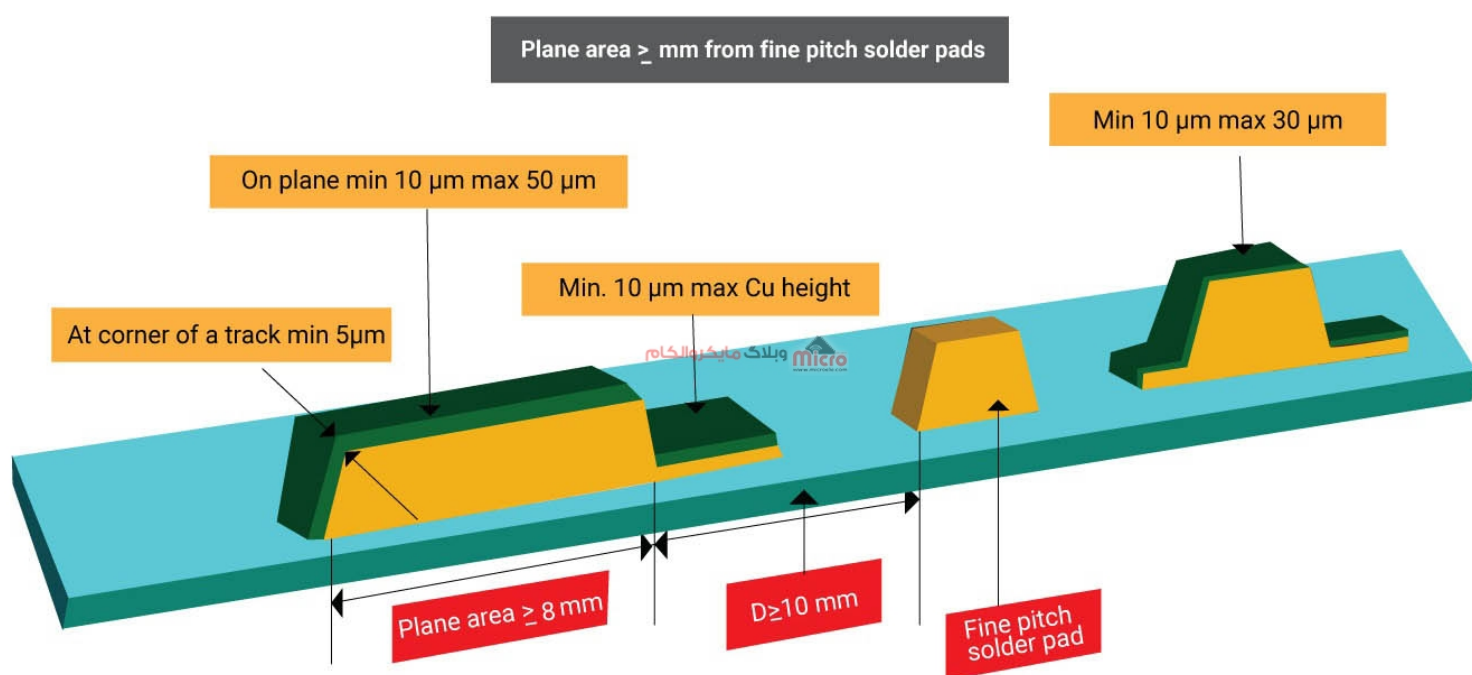




برد های الکترونیکی خودرو ها، استاندارد های IATF 16949 و AEC-Q100 و ASE J3016\_201401 و [IPC-6012 Class 3](#) را رعایت نمایید.

## IPC-6012

IPC-6012 اساسا دستور العمل هایی برای طراحی PCB وسایل نقلیه و خودرو از نظر الگو، ضخامت محافظ لحیم کاری (Solder Mask)، ضخامت مس و سایر پارامترهای مربوط به ساخت و تولید را ارائه می دهد. برای اینکار می توان مشخصاتی که در ادامه آمده است را دنبال کرد.



ضخامت Solder Mask برای PCB های خودرو

- دقت موقعیت سوراخ پد ها را در حد مجاز رعایت کنید. تلورانس مجاز 100 میکرون (0.1mm) می باشد.
- سوراخ وایا (Via) باید حداقل ترین اندازه مته باشد تا نسبت ابعاد کافی تضمین گردد.
- حداقل قطر مته را برای سوراخ کاری برای دستیابی به نسبت ابعاد مناسب انتخاب کنید.
- از اینکه جداساز دیواره سوراخ بیشتر از 40% ضخامت دی الکتریک نباشد اطمینان حاصل نمایید.
- پیش از استفاده از Solder Mask از تمیز بودن سطح اطمینان پیدا کنید. سطح آلودگی می تواند معادل تا 0.75g/cm<sup>2</sup> سدیم کلراید باشد.



- برای اطمینان از مطابق بودن Solder Mask با IPC-6012DA، پارامترهای آن را بررسی کنید. به عنوان مثال، اگر از PCB با آبخاری مس کلاس 3 و ضخامت مس  $18\mu\text{m}$  استفاده کنید، ضخامت مجاز Solder Mask در جدول زیر ذکر شده است.

ناحیه	ضخامت Solder Mask
رسانا در مجاورت پد های SMD	حداقل $5\mu\text{m}$ و حداکثر $30\mu\text{m}$
صفحه زمین (GND)	حداقل $10\mu\text{m}$ و حداکثر $60\mu\text{m}$

استاندارد کلاس 3 بهترین گزینه برای کاربرد های مهم می باشد. برای اینکه برد های کلاس 3 قابل اطمینان باشند به برخی از نکات آن در ادامه اشاره شده است.

- میزان برد کردن سوراخ برای قطعات THD معادل 75% است.
- حداقل قطر داخلی حلقه پد نباید از 1mil کمتر بوده و قطر خارجی نیز نباید کمتر از 2mil باشد.
- تلورانس های مشخص شده الگو را در نظر گرفته و به آن پایبند باشید. تلورانس قابل قبول برای برد ها تا 300mm معادل  $\pm 75\mu\text{m}$  تا 450mm معادل  $\pm 112\mu\text{m}$  و تا 600mm معادل  $\pm 150\mu\text{m}$  است.

Aspect Ratio	ضخامت PCB	Anti-Pad	پد	مته
7.75:1	تا 0.062"	0.033"	0.023"	0.008"
10:01	تا 0.100"	0.035"	0.025"	0.010"
10:01	تا 0.120"	0.037"	0.027"	0.012"
10:01	تا 0.135"	0.038"	0.028"	0.0135"

## 7- زمین کردن پد قطعات THD

سوراخ های محل نصب باید روکش و زمین شود. امپدانس ضعیف مدار های مختلف یکی از مشکلات است. این مورد عمدتاً به دلیل قطعات الکترونیکی مختلف و اتصالات آنها می باشد. بنابراین نکات زیر را می توان برای طراحی برد های الکترونیکی (PCB) در خودرو به کار برد.

- قطعات اندوکتانسی را در نواحی حساس نزدیک سوراخ های عبوری قرار دهید.
- از فیلتر های مناسب که وابسته به سوراخ های عبوری است استفاده نمایید.



- از مس نازک تر روی لایه ها استفاده کنید. این کار تاثیر اندوکتانس انگلی (Parasitic Inductance) از طریق سوراخ موجود روی PCB را کاهش می دهد.

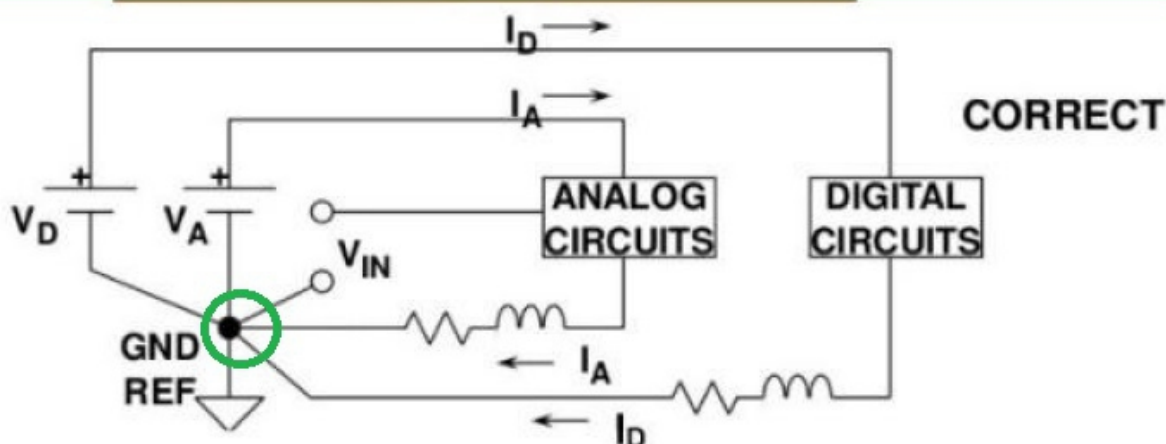
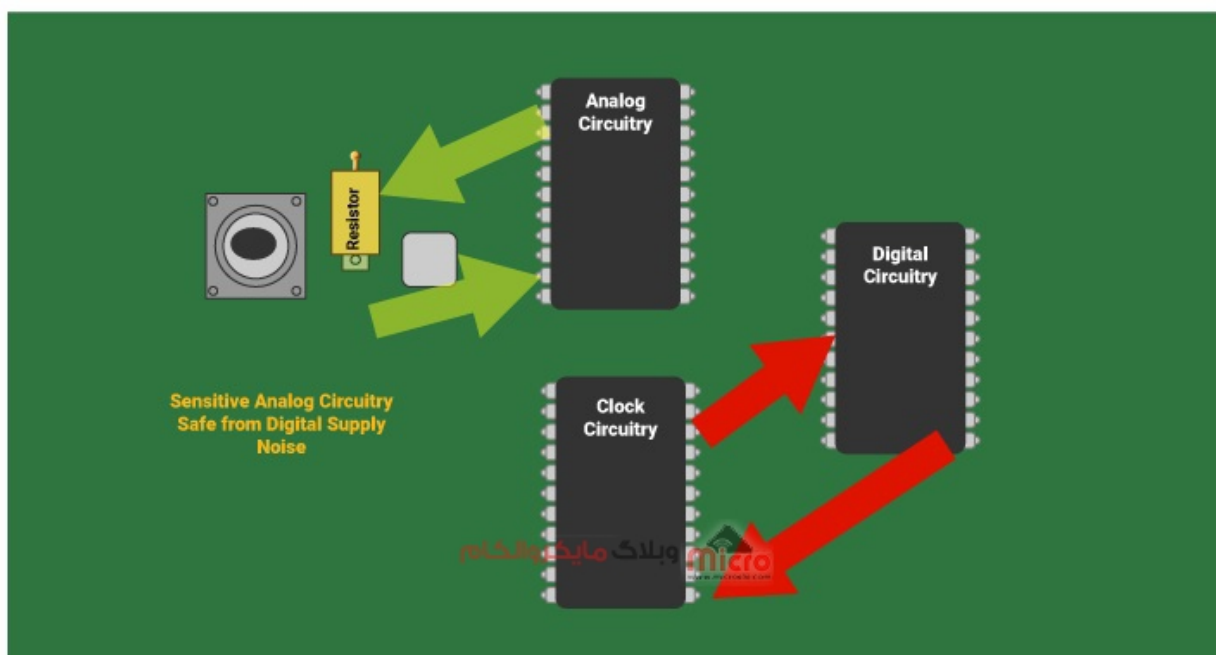
## 8- بهینه کردن مدار های رادیویی RF

طراحی PCB برای خودرو نیز دارای مدار های RF است. این مورد می تواند برای ما چالش بر انگیز باشد تا به مسائل مربوط به همزیستی، مصرف توان و قابلیت اطمینان طولانی مدت رسیدگی کنیم. می توان از نکات زیر در طراحی های خود استفاده کرد.

- از دستگاه های فعال و خطی استفاده کنید.
- به راندمان کنترل فرکانس رادیویی، مصرف جریان و اتلاف انرژی توجه کنید.
- از فیلتر های RF با عملکرد خوب و مناسب استفاده کرده تا همواره تلفات، تغییرات دما و تداخل را کاهش دهید.
- از اجزا و قطعاتی استفاده کنید که قابلیت ارسال، دریافت و فیلتر را در یک واحد داشته باشد.

## 9- تکنیک های Grounding (زمین کردن) مناسب

- یک نقطه اتصال زمین برای هر برد قرار دهید.
- یک محدوده پیوسته و مناسب با امپدانس خیلی کم برای زمین طراحی کنید.
- می توان با استفاده از آرایه ای از وایا ها زمین را به ترمینال اصلی متصل کرد.



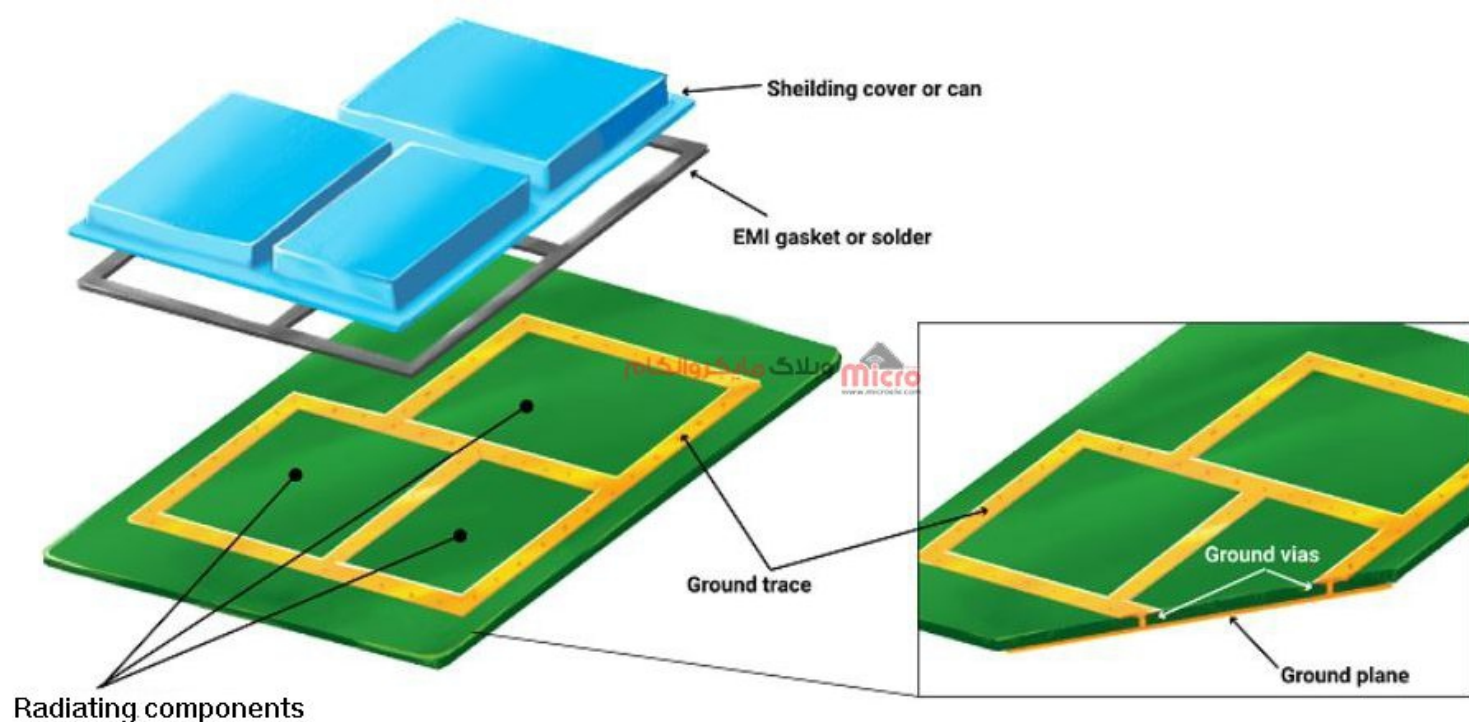
زمین مشترک برای قطعات بلوک های برد

## 10- جلوگیری از تداخلات الکترومغناطیسی در طراحی PCB های مورد کاربرد در خودرو

در هر برد الکترونیکی (PCB) به کار گیری و اتخاذ تدابیری برای پیشگیری از نویز الکترومغناطیس (EMI) امری حیاتی و مهم است. این کار باعث اطمینان از عملکرد صحیح و قابل قبول برد خواهد شد. می توان جهت حفظ دستگاه خود از اثرات سوء و مخرب این نویز از موارد زیر استفاده کرد.



- محدوده موثر حلقه EMI را حداقل کنید.
- استفاده از محافظ مغناطیسی برای برد و اجزای مستعد تولید نویز مغناطیسی فراموش نشود.
- از زوج دیفرانسیلی برای انتقال سیگنال در مدار استفاده شود.
- می‌توان جهت جلوگیری از این نویز مسیر و ترکیب صحیح اتخاذ کرد.
- افزایش ظرفیت فیلتر تغذیه ورودی و افزودن مدار دیکوپلینگ RC را فراموش نکنید.
- از پروتکل Can Bus نیز می‌توان برای کاهش سیم کشی های زیاد، حداقل کردن تاثیرات EMI و اختلالات الکتریکی استفاده کرد.



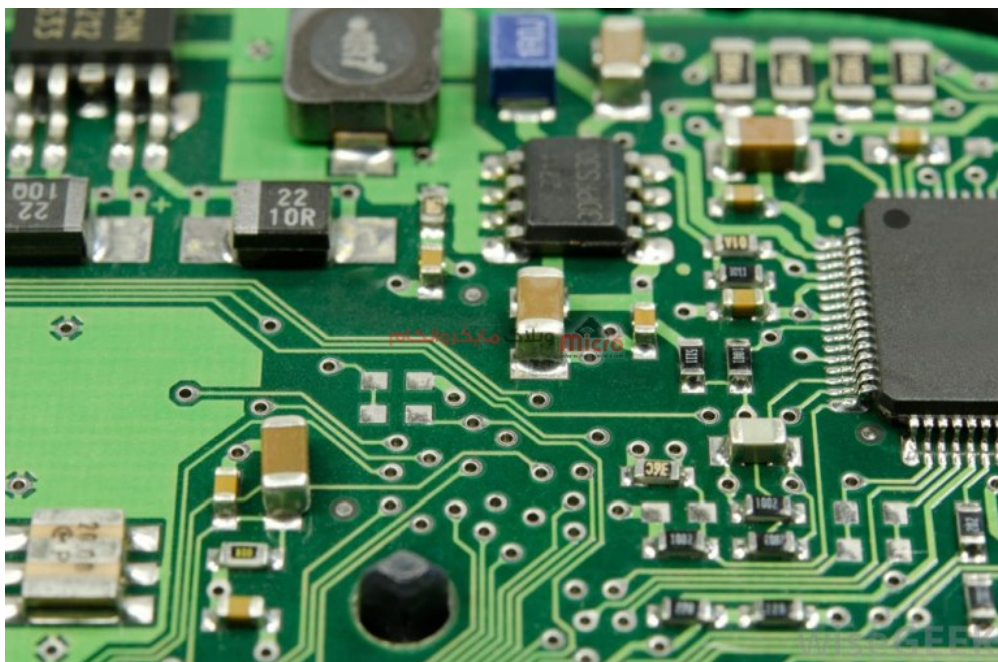
شیلد کردن برد و PCB جهت جلوگیری از اثرات الکترومغناطیسی

## انواع مختلف برد (PCB) در خودرو

انتخاب صحیح و مناسب نوع برد الکترونیکی مورد کاربرد در خودرو به ساختار، نوع بستر و محدودیت فضا بستگی دارد.



برد های با استحکام بالا (Rigid Board): این دست برد ها از لمینت های جامد مانند FR4، راجرز و... تشکیل می شوند. می توان اینگونه برد ها در خودرو را در نمایشگر ها و دوربین دنده عقب مشاهده کرد.



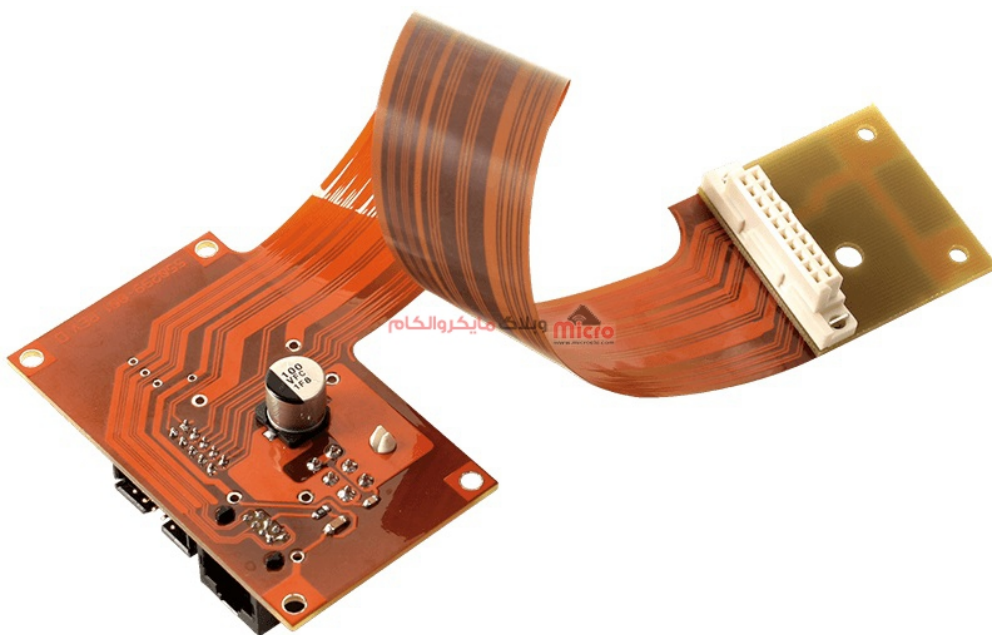
نوع PCB رigid

برد های قابل انعطاف (Flex Circuit): این دست مدارات دارای ساختار قابل انعطاف برای نصب قطعات الکترونیکی مورد کاربرد روی آنها است. این برد ها می تواند خم شده و پیچ خورده و از همین رو مناسب برای گوشه ها و جاهای خم دار خواهد بود. از این نوع در خودرو برای نمایشگر و سیستم پخش نیز استفاده می شود.



نوع قابل انعطاف PCB

برد های Rigid-Flex: برد های نوع Rigid-Flex این قابلیت را می دهند که دو قابلیت زکر شده در فوق را در یک برد داشته باشیم. بعنوان مثال در سیستم روشنایی کاربرد خوبی خواهد داشت.

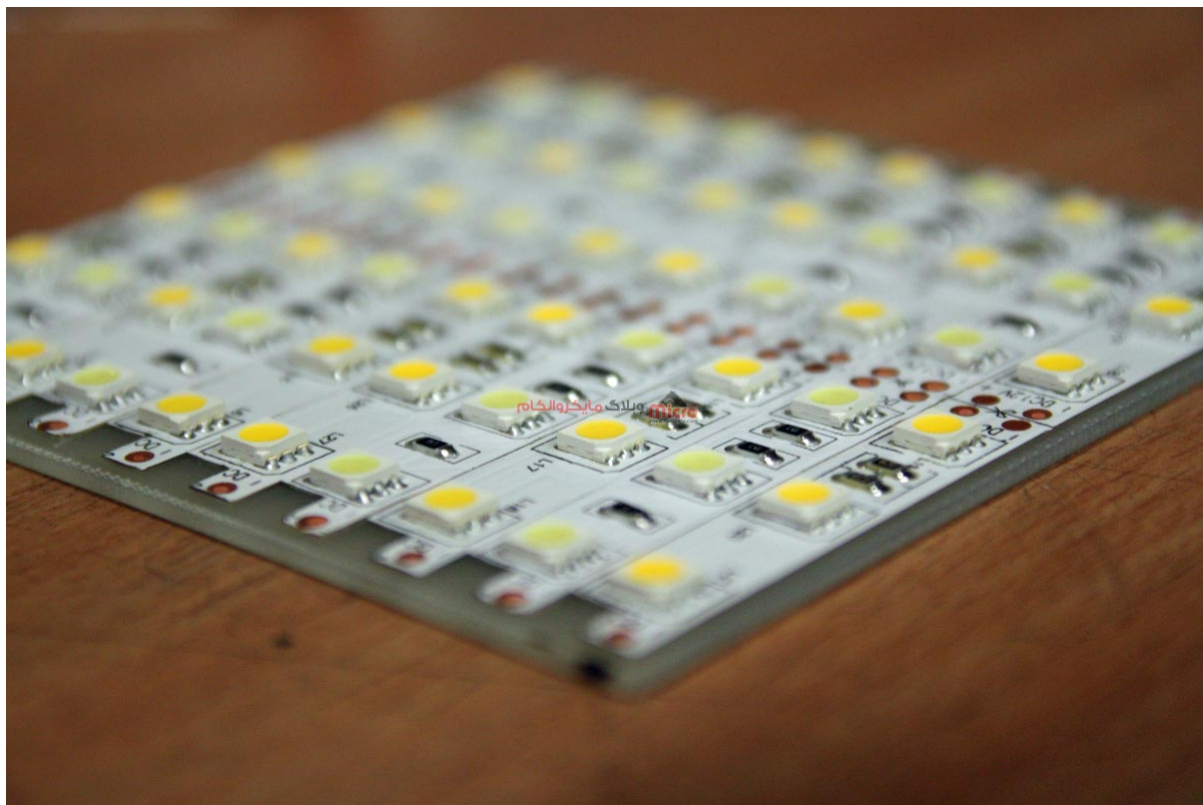


نوع Rigid-Flex PCB

برد های PCB برای LED: در خودرو های مدرن امروزی، LED های توان بالا و البته پر نور به برد ها و PCB هایی که تبادل



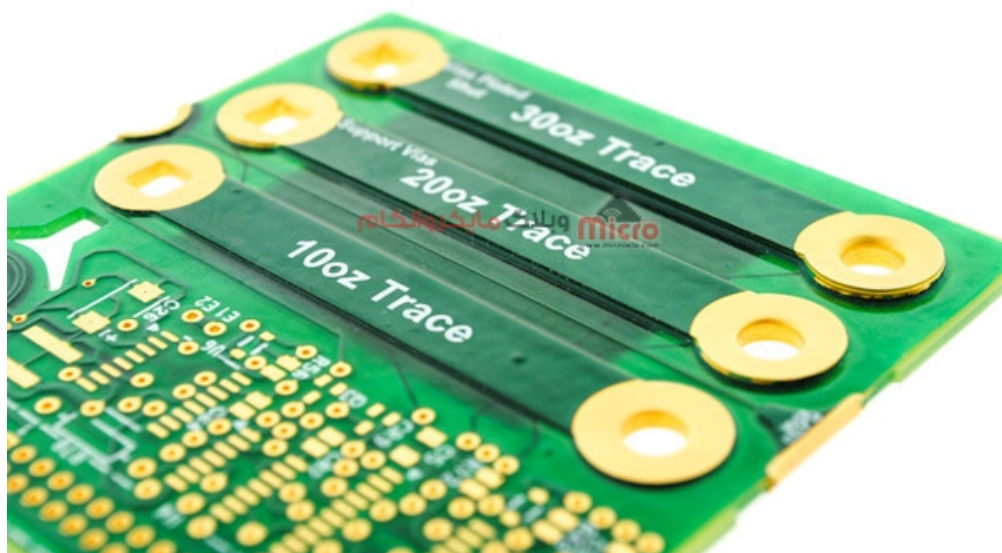
حرارتی بالایی دارند نیازمند است. در این برد ها از ساختار فلزی مانند آلومینیوم استفاده می شود. نمونه این برد ها در چراغ های ترمز، چراغ های جلویی و چراغ های راهنما استفاده می شود.



PCB برای لامپ های LED

برد هایی با مس زیاد: لایه های داخلی و خارجی این برد ها شامل 3 انس یا بیشتر مس می شود. این دست برد ها در سیستم های ایمنی وسایل نقلیه و ارسال سیگنال ها استفاده می شود.





PCB با مس زیاد

## نتیجه گیری

خودروهای مدرن و امروزی با بردها (PCB) و مدارات پیچیده ای برای کنترل موتور، سیستم سوخت رسانی و بهره‌وری آن، سیستم خود ران و ... ساخته می‌شوند. از همین رو برد طراحی شده ما نیز باید برای مطابقت با ویژگی‌های الگو و استاندارد، کنترل حرارتی و یکپارچگی سیگنال بهینه شود. از همین رو نکاتی که در این مطلب بیان شده به این قضیه در طراحی صحیح کمک خواهد کرد.

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.