روش های کاهش نویز در مدارات الکترونیکی

مقدمه

به جرأت می توان گفت که طراحی منطق یک مدار الکترونیکی تنها قسمت کوچکی از کل کاری است که برای تولید صنعتی آن مدار صورت می گیرد.

نکاتی از قبیل در نظر گرفتن اثر قطعات بکار رفته در مدار ، طراحی محافظ ۱ برای قسمت مختلف مدار ، بکار بردن روش هایی برای کم کردن اثر نویز در مدارها ، طراحی مدار چاپی با رعایت استاندارد لازم (برای کاهش تداخل الکترو مغناطیسی) انتخاب نوع آی سی های به کار رفته در مدار ، طراحی فیلتر برای قسمت های مختلف مدار ، وجز آن ، همه و همه از مسائلی هستند که در کارامد بودن مدار اثر سرنوشت سازی دارند . شاید به همین علت است که کمتر کسی پس از طراحی مدار روی کاغذ ، جرأت می کند اقدام به ساختن آن کند.

این مقاله به یکی از این مسائل یعنی کاهش اثر نویز در مدارهای الکترونیکی پرداخته است ، آن هم از دیدگاهی خاص یعنی عرضه روش های عملی برای این مقصود . برای بررسی دقیق تر ، گذراندن درس سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC) توصیه می شود.

سیستم های الکترونیکی باید طوری طراحی و ساخته شوند که دو شرط زیر را داشته باشند.

-1 خود منبع نویز نباشند . (قسمت های دیجیتالی مدار ، فرستنده های رادیویی ، و کامپیوترها ، نمونه هایی از منابع نویز اند)

-2 به نویز خارجی حساس نباشند.

به عبارت دیگر سیستم های الکترونیکی باید بتوانند در شرایط صنعتی به خوبی کار کنند و نویز سیتم های الکتریکی و الکترونیکی دیگر (مانند لامپ های فلورسنت و نئون ، خطوط قدرت ، فرستنده ها ، وسایل الکترونیک دیجیتال و جز آن) روی آنها اثری نداشته باشد . از طرفی خود این سیستم ها باید طوری طراحی شوند که قسمتی از آنها روی قسمت های دیگر تداخل ایجاد نکند . سازگاری الکترو مغناطیسی (EMC)

یک سیستم الکتریکی وقتی دارای سازگاری الکترو مغناطیسی است که بتواند در محیط الکترو مغناطیسی مورد نظر به خوبی کار کند و خود منبع نویز نباشد.

با توجه به اهمیت EMC ، استاندردهای متفاوتی را مراجع ذیصلاح برای دستگاه های الکترونیکی وضع کرده اند . برای مثال FCC 2 استانداردهایی را برای حداکثر تشعشع الکترو مغناطیسی وسایل الکترونیکی دارد و لازم است این استانداردها به دقت رعایت شوند و گرنه دستگاه های ساخته شده اجازه ندارند به بازار عرضه شوند . عوامل لازم برای تاثیر نویز عبارتند از : منبع نویز ، کانال کوپلاژ ، و گیرنده نویز.

نویز به روش های زیر به سیستم های الکترونیکی نفوذ می کند.

- کوپلاژ توسط میدان های الکتریکی و مغناطیسی (و الکترو مغناطیسی) مانند تشعشع الکترو مغناطیسی.
- کوپلاژ هدایتی مانند انتقال نویز از طریق خط تغذیه مشترک.

روش های مختلفی برای کاهش اثر نویز در مدارهای الکتریکی وجود دارد . در این مقاله تعدادی از این روش ها را به اجمال بررسی می کنیم و تحقیق بیشتر و دقیق تر را به خواننده وامی گذاریم.

1 زمین کردن صحیح

همانطور که می دانید کابل های استاندارد تغذیه سه سیم دارند : فاز ، نول ، و سیم زمین . سیم زمین معمولاً به

((چاه زمین)) ساختمان متصل می شود و در پتانسیل زمین قرار دارد . معمولاً بدنه دستگاه های الکتریکی به سیم متصل می شوند تا از حوادثی مانند برق گرفتگی جلوگیری شود.

برخی از نکات مهمی که در طراحی زمین سیستم های الکترونیکی وجود دارد در ادامه بیان می شود.

1.1 کاهش امپدانی مشترک

هنگام طراحی مدار ، می توان به دو صورت قسمت های مختلف را به زمین متصل کرد.

در نگاه اول ممکن است تفاوتی بین این دو روش مشاهده نشود اما از آنجایی که هادی های به کار رفته برای اتصال زمین ، هادی کامل نیستند ، امپدانسی بین هر قسمت مدار و زمین وجود دارد . می توان دید که در اتصال سری زمین ، یک امپدانس مشترک بین گروه های زمین مدار وجود دارد . بنابراین تغیرات سریع جریان تغذیه در مدارهای ۱ و ۲ باعث تغییر پتانسیل زمین مدار ۳ می شود و بدین ترتیب می توانند در مدار ۳ ایجاد تداخل کنند.

اما اگر قسمت های مختلف مدار را به صورت موازی زمین کنیم ، این مشکل برطرف می شود.

روش دیگر برای کاهش امپدانس مشترک استفاده از ((صفحه زمین)) است.

صفحه زمین یک لایه هادی با عرض زیاد است که امپدانس بسیار کمی دارد.

در صورتی که صفحه زمین در دسترس باشد ، می توان از ((زمین چند نقطه ای)) استفاده کرد.

توجه به این نکته بسیار مهم است که صفحه زمین باید خود دارای امپدانس بسیار کمی باشد تا بتواند یک زمین خوب برای مدار به حساب آید . مثلاً در طراحی بردهای چند لایه معمولاً **یکی از لایه های برد را به طور کامل به صفحه زمین اختصاص می دهند.**

توصیه ۱: اگر فرکانس کار مدارتان کمتر از ۱ مگاهر تز است ، از زمین تک نقطه ای استفاده کنید.

توصیه ۲: اگر فرکانس کار مدارتان بیشتر از ۱۰ مگاهرتز است ، از زمین چند نقطه‌ای استفاده کنید.

توصیه ۳: اگر فرکانس کار مدارتان بین ۱ مگاهرتز و ۱۰ مگاهرتز است و اگر طول سیم های زمین کمتر از ۰/۲۰ است ، از زمین تک نقطه ای استفاده کنید.

توصیه ۴: برای مدارهای دیجیتال از زمین چند نقطه ای استفاده کنید (به علت پهنای باند زیاد این مدارها)

www.Belec.ir

توصیه ۵: اگر مدارتان دارای طیف فرکانس وسیعی است ، از ((زمین هیبرید)) استفاده کنید . این مدار در فرکانس های پایین به صورت تک نقطه ای زمین می باشد.

توصیه ۶: اگر مدارتان قطعات الکترونیکی متنوعی را در خود دارد ، آن را به قسمت‌های زیر تقسیم کنید و سیم های زمین هر قسمت را جداگانه به یکدیگر متصل کنید:

۱- قسمت آنالوگ
۲- قسمت دیجیتال
۳- قسمت نویزی (رله ها ، موتورها و مانند آن)
۴- زمین سخت افزاری

1.2 اجتناب از حلقه زمین

نکته دیگر در طراحی زمین مدار ،جلوگیری از به وجود آمدن حلقه های زمین است . اگر در مدار حلقه زمین تشکیل شود ، در این حلقه بر اثر میدان های الکترو مغناطیسی مزاحم ، نویز القا می شود.

روش های زیر برای قطع حلقه زمین پیشنهاد می شود:

۱- می توانید برای از بین بردن کوپلاژ الکتریکی در مدار از ترانس استفاده کنید.

۲- می توانید کوپلاژ الکتریکی را با **کوپلاژ نوری** جایگزین کنید . این روش به علت خطی نبودن برای **مدارهای دیجیتال** مناسب است

۳- می توانید از تقویت کننده تفاضلی یا شبه تفاضلی در مدار استفاده کنید.

در این صورت نویز که روی هر دو ورودی تقویت کننده وجود دارد به شدت تضعیف می شود و می توان گیرنده را float به حساب آورد.

با کمی دقت می توان دید که بهره مدار برای سیگنال Vs برابر ۱ R2/R1+و برای ولتاژ مشترک نویز ۱ است.

۴- متعادل کردن : (Balancing)

در شرایطی که بتوان از دو منبع سیگنال در مدار استفاده کرد ، می توان با متعادل کردن مصرف کننده ، اثر نویز مشترک را حذف کرد.

نویز القا شده روی دو هادی در کل یکدیگر را خنثی می کنند.

۵- استفاده از زمین هیبرید : در این سیستم بدنه دستگاه در فرکانس ۵۰ هرتز به زمین متصل شده است ، اما برای فرکانس های بالاتر حلقه زمین وجود ندارد.

۶- با استفاده از چوک طولی (بالون) : استفاده از یک چوک باعث می شود که سیگنال های دیفرانسیلی به خوبی عبور کنند و سیگنال های مشترک به شدت تضعیف شوند . استفاده از این روش برای فرکانس های بیشتر از ۱۰ مگاهرتز به علت خاصیت خازنی سیم پیچ ها مطلوب نیست.

۷- استفاده از آی سی های تقویت کننده های جداساز : این آی سی ها گران قیمت که پهنای باندی در حدود ۶۰ کیلوهرتز دارند ، می توانند به خوبی برای جدا کردن دو قسمت مدار به کار روند.

2 استفاده از حفاظ (شیلد)

یکی از روش های جلوگیری از تداخل در مدارها استفاده از حفاظ است . برای مشاهده روش های به کار بردن حفاظ ، ابتدا کوپلاژهای خازنی و سلفی در مدار را بررسی می کنیم.

1.2 کوپلاژ خازنی

از آنجا که بین هر دو هادی نزدیک به هم کوپلاژ خازنی وجود دارد تغییرات ولتاژ در یکی ، روی هادی دیگر تاثیر می گذارد.

همانطور که مشاهده می شود بین هر دو سیم مجاور و هر سیم و زمین ، کوپلاژ خازنی وجود دارد . این کوپلاژ در مورد اول باعث ایجاد همشنوی می شود . بدون بررسی دقیق می توان گفت که با افزایش ارتفاع سیم ها از سطح زمین ، افزایش امپدانس سیم دوم ، افزایش طول سیم ها و افزایش فرکانس Xcap افزایش پیدا می کند و با افزایش فاصله دو سیم Xcap کاهش پیدا می کند.

توصیه ۷ : در طراحی PCB خط هایی را که تغیرات سریع دارند (مانند ساعت مدار) دور از خطوط حساس مدار (مانند قسمت های حساس آنالوگ ، Resetیا (I/O) قرار دهید.

توصیه ۸ : در طراحی PCB در طرفین خطوطی که **تغیرات سریع دارند** از **خطوط زمین** استفاده کنید . این خطوط مانند حفاظ عمل می کنند و باعث کاهش اثر روی قسمت های دیگر مدار می شوند.

توصیه ۹ : طول خطوط سیگنال بین گیت ها را حداکثر ۱۵ الی ۲۵ سانتی متر انتخاب کنید . اگر از صفحه زمین استفاده می کنید طول این خطوط را می توانید حداکثر تا ۵۰ سانتی متر انتخاب کنید.

توصیه ۱۰ : اگر امپدانس ورودی گیت های و امپدانس مشخصه هادی در مدارهای دیجیتال یکی باشند ، موج برگشتی نخواهیم داشت و ولتاژ اعمال شده به سرعت پایدار خواهد شد . بنابراین پیشنهاد می شود که امپدانس ورودی گیت ها را با استفاده از موارد زیر تصحیح کنید (به این کار پایاندهی۴ خطوط دیجیتال می گویند) . تذکر این نکته لازم است که امپدانس مشخصه خطوط PCB حدود ۱۰۰ است.

توصیه ۱۱ : هنگام بستن مدارهای Wire Wrap از بردهایی استفاده کنید که دارای صفحه زمین اند . اگر چنین بردهایی را در اختیار ندارید ، از خطوط متعدد زمین استفاده کنید . با توجه به طبیعت خاص مدارهای دیجیتال بهتر است بدون توجه به ایجاد حلقه زمین ، شبکه ای از خطوط زمین در سطح مدار ایجاد کنید . **ایجاد نوارهای پهن زمین (بوسیله سیم های متعدد) نیز می توان مفید باشد.**

توصیه ۱۲ : هنگام بستن سیم ها در مدارهای Wire Wrap ، ابتدا طولانی ترین سیم ها را ببندید . به این وسیله طولانی ترین سیم ها به صفحه زمین نزدیک تر خواهند بود.

توصیه ۱۳ : به فکر زیبا شدن مدار نباشد و همیشه از کوتاه ترین مسیر برای سیم بندی استفاده کنید.

توصیه ۱۴ : **کنار سیم هایی که تغییرات سریع دارند (مانند ساعت) سیم های زمین قرار دهید.**

توصیه ۱۵ : برای سیم های رفت و برگشت سیگنال ، از سیم های Twisted Pair استفاده کنید.

توصیه ۱۶ : به ازای هر ۱ متر موازی بودن با سیم تغذیه ، سیم های سیگنال معمولی باید ۲/۵ سانتی متر و سیم های سیگنال حساس باید ۲۵ سانتی متر فاصله داشته باشند.

۲,۱ تاثیر حفاظ روی کوپلاژ خازنی

حفاظ باعث بسته شدن جریان نویز و هدایت آن به سمت زمین می شود.

توصیه ۱۷ : حفاظ را به خوبی زمین کنید . سعی کنید مقدار سیم خارج از حفاظ به حداقل برسد.

توصیه ۱۸ : زمین کردن حفاظ باید در یک نقطه انجام شود تا حلقه زمین ایجاد نشود ، اما در فرکانس های بالاتر از ۱ مگاهرتز یا در کابل هایی که طول شان بزرگتر از ۲۰ است را در دو طرف ، زمین می کنیم و اگر طول کابل خیلی زیاد باشد در هر ۲۰ حفاظ را زمین می کنیم.

توصیه ۱۹ : توجه کنید که جریان نویز منبع تداخلی از راه حفاظ به زمین می رود . بنابراین حفاظ را مسیر عبور جریان سیگنال نکنید . مثلا زمین کردن حفاظ در نقطه A باعث عبور جریان نویز از سیم های سیگنال می شود و بهتر است حفاظ در نقطه B زمین شود.

توصیه ۲۰ : اگر منبع سیگنال float است و بار زمین شده است ، حفاظ را در طرف بار زمین کنید ، و اگر منبع سیگنال زمین شده است و بار floatاست حفاظ را در طرف منبع زمین کنید.

توصیه ۲۱ : یکی دیگر از مواردی که ممکن است حفاظ ، مسیر عبور جریان شود. وقتی فرکانس از چند کیلوهرتز بالاتر رود به علت القای متقابل بین حفاظ و سیم حامل جریان ، جریان سیگنال از حفاظ عبور خواهد کرد . بنابراین باید از به کار بردن این ترکیب ها اجتناب کنید.

2.2 کوپلاژ سلفی (مغناطیسی)

هر دو سیم مجاور به علت القای متقابل ممکن است در یکدیگر ایجاد تداخل کنند . امپدانس کوپلاژ بین دو سیم با افزایش فرکانس یا ارتفاع از سطح زمین یا طول دو سیم افزایش می یابد و با افزایش فاصله دو سیم و امپدانس سیم ، کاهش پیدا می‌کند.

با توجه به ماهیت مغناطیسی این کوپلا ، حفاظ روی آن تاثیری ندارد.

توصیه ۲۲ : برای کاهش کوپلاژ مغناطیسی سعی کنید سطح حلقه های مدار را کاهش دهید.

توصیه ۲۳ : برای مقابله با کوپلاژ مغناطیسی و الکتریکی می توان از کابل های Twinax (Shielded Twisted Pair) استفاده کرد.

کابل های Triax نیز برای این کار مناسب اند.

توصیه ۲۴ : زمین کردن مدار از یک طرف ، اهمیت بسیار دارد ، زیرا کوپلاژ مغناطیسی به سطح حلقه حساس است بنابراین برای کاهش کوپلاژ مغناطیسی از روش‌های قطع حلقه استفاده کنید.

توصیه ۲۵ : هنگام استفاده از کابل های تخت۶ بین هر دو سیم سیگنال از یک سیم زمین استفاده کنید . اگر لازم است چند کابل تخت روی هم قرار داده شوند ، حتما از یک فاصله گذار۷ بین آنها استفاده کنید ، زیرا در این حالت ، زمین های متعدد کمکی به کاهش همشنوی۸ نمی کنند .

توصیه ۲۶ : برای حفاظ ، در مجموع فولاد (به شرط اینکه ضخامتش بیشتر از ۱ میلی متر باشد) مناسب تر از مس یا آلومینیوم است . برای مقابله با **میدان مغناطیسی فرکانس پایین** از موادی با پایین تر (**فولاد یا آلیاژ نیکل ، مومتال و پرمالوی**) استفاده کنید . برای مقابله با **میدان های فرکانس بالا** (بیشتر از چند صد کیلوهرتز) **از مس یا آلومینیوم** استفاده کنید . در مواردی که شدت میدان مغناطیسی خیلی زیاد است از حفاظ چند لایه استفاده کنید.

توصیه ۲۷ : سعی کنید حفاظ هیچ منفذی به خارج نداشته باشد ، زیرا در غیر این صورت کارایی آن افت می کند . در شرایطی که واقعا نیاز به منفذ دارید ، (مثلا برای عبور سیم از جعبه کامپیوتر) سعی کنید سطح تماس درزها را بیشتر کنید تا میدان مغناطیسی نفوذ کمتری به داخل داشته باشد . همچنین قسمت های منتشر کننده یا جذب کننده نویز را دور از منافذ قرار دهید.

توصیه ۲۸ : برای آب بندی کردن منافذ از Gasket استفاده کنید Gasket . مانند واشر راه نفوذ میدان مغناطیسی را می بندد (چه به سمت داخل و چه به سمت خارج)

توصیه ۲۹ : اگر لازم است سیمی از حفاظ عبور کند ، باید حتماً آن را از فیلتر عبور دهید.

کاهش امپدانس سیستم توزیع تغذیه زمین

یکی از نکات مهم در طراحی مدار کاهش امپدانس مشخصه سیستم توزیع تغذیه زمین است . برای این کار باید ملاحظات زیادی در طراحی مدارها به ویژه PCB در نظر گرفته شود . به عنوان مقدمه امپدانس مشخصه چند سیستم را بررسی می کنیم.

با توجه به مطالب ذکر شده برای ساخت PCB توصیه هایی وجود دارد:

توصیه ۳۰ : یک خط مسی به ضخامت ۱ میلی متر روی PCB حدودا 5 m /cm مقاومت ، 1 pf/cmظرفیت خازنی ، و 7 nH/cm ضریب سلفی دارد . بنابراین تا جایی که ممکن است از **طول خطوط PCB کم کنید و عرض آنها را بزرگ** انتخاب کنید . **یک طراحی خوب برای PCBباید فقط جاهای لازم را از مس پاک کند و جای خالی بدون مس بی استفاده نداشته باشد.**

توصیه ۳۱ : پهنای باند فرکانس پالس های دیجیتالی تقریبا هیچ ربطی به فرکانس پالس ندارد ! بلکه زمان خیز پالس است که پهنای باند فرکانس آن را مشخص می کند.

بنابراین یک پالس دیجیتال با) tr=3ns مانند گیت های (AS پهنای باندی در حدود ۱۰۰ مگاهرتز دارد . بنابراین کاهش امپدانس مشخصه در مدارهای دیجیتالی اهمیت زیادی دارد.

توصیه ۳۲ : اگر می توانید از برد چند لایه استفاده کنید ، یک **لایه کامل را به صفحه زمین و یک لایه را به منبع تغذیه** اختصاص دهید

توصیه ۳۳ : اگر از **برد دو لایه** استفاده می کنید ، **یک طرف برد را به طور کامل به زمین اختصاص دهید** و در طرف دیگر با استفاده از **خطوط پهن تغذیه آی سی ها را تغذیه کنید.**

توصیه ۳۴ : اگر مجبور اید که از برد یک لایه استفاده کنید ، **۵۰ تا ۶۰ درصد سطح برد را به صفحه زمین اختصاص دهید** . اگر این کار برای تان ممکن نیست از شبکه زمین استفاده کنید.

توصیه ۳۵ : در بردهای یک رو سعی کنید از **خطوط پهن زمین و تغذیه که حتی‌الامکان به یکدیگر نزدیک باشند** استفاده کنید . برای این منظور می توانید مانند از **سطح زمین زیر آی سی ها استفاده** کنید.

توصیه ۳۶ : اصولا برای کاهش اندوکتانس باید در کاهش طول و افزایش عرض مسی ، کم کردن سطح حلقه و استفاده از مسیرهای موازی زمین کوشید.

توصیه ۳۷ : در مدارهای دیجیتال حتما از **شبکه زمین** استفاده کنید . سعی کنید **عرض پنجره ها بین ۱ تا ۵ سانتی متر** باشد و یا به طور **ثابت در فاصله بین آی سی ها شبکه زمین ایجاد کنید** . سعی کنید خطوط عمودی پنجره ها را از یک سمت برد و خطوط عمودی را از سمت دیگر عبور دهید.

توصیه ۳۸ : در طراحی PCB سعی کنید آرایش قسمت های کم فرکانس و با فرکانس متوسط و بالا قسمت فرکانس بالا هر چه بیشتر به صفحه زمین نزدیک باشد.

توصیه ۳۹ : قسمت های مختلف مدار را از یکدیگر جدا کنید و سعی کنید جریان قسمت ازمدار (مثلا قسمت دیجیتال) از قسمت های دیگر (مثلا آنالوگ) عبور نکند.

3 فیلتر کردن

یکی دیگر از روش های کاهش اثر تداخل الکترو مغناطیسی در مدار استفده از فیلتر است . برای فیلتر کردن می توان از مدارهای LC و RC استفاده کرد.

هنگام استفاده از مدارهای LC باید توجه داشت که اولا باید خیلی پایین تر از باند عبور مدار متصل به فیلتر باشد و ثانیا بزرگتر از ۰/۵ باشد.

نمونه ای از استفاده فیلتر CRC و CLC را (که بهتر از RC و LC هستند) مشاهده می کنید . وظیفه این فیلترها حذف spike های مدارهای دیگر و جلوگیری از خروج spike های خود مدار به خارج است . قابل توجه است که **فیلتر CLC قدرت بیشتری دارد** و علاوه بر آن افت ولتاژ آن کمتر از CRC است.

www.Belec.ir

فیلتر:**CRC**

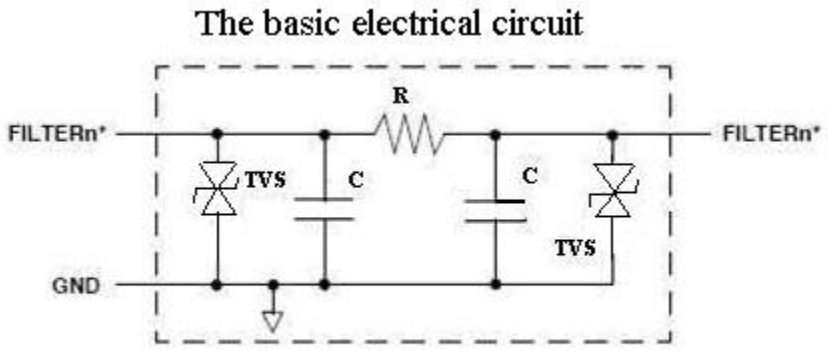
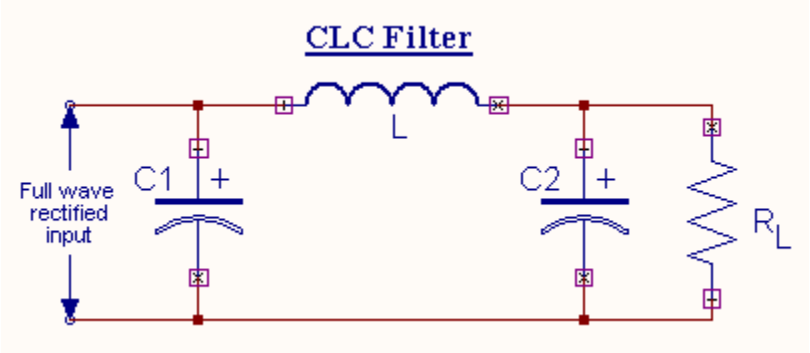


Fig.3 C-R-C Filter of a series EMI-6XX

فیلتر:**CLC**



توصیه ۴۰ : **با توجه به اینکه در فرکانس های بالا خازن ها خاصیت سلفی و سلف‌ها خاصیت خازنی پیدا می کنند در انتخاب خازن برای حذف فرکانس های بالا دقت کنید . خازن های میکا ، سرامیک ، و تفلون با توجه به اینکه کیفیت بالا و فرکانس تشدید زیادی دارند برای این منظور مناسب اند.**

توصیه ۴۱ : **هنگام قرار داد خازن باید تا حد امکان پایه آن را کوتاه کرد.**

از طرفی **طول مسیر اتصال خازن به زمین و پایه تغذیه الکتریکی آی سی باید تا حد امکان کوتاه باشد** . دقت کنید که به علت وجود فرکانس های بالا در مدار (فرکانس‌های تداخلی و فرکانس های تولید شده توسط قسمت های دیجیتال) باید به این توصیه توجه بسیار کرد.

توصیه ۴۲ : به محل **قرار گرفتن خازن در مدار دقت کنید** . مثلا قرار گرفتن بار خازنی در امیتر ترانزیستور باعث می شود که مدار استعداد نوسان پیدا کند.

توصیه ۴۳ : سیم هایی را که از فبلتر عبور داده اید از منابع نویز و سایر سیم ها دور نگه دارید . همچنین **سیم هایی را که از خارج دستگاه وارد می شوند ، بلافاصله از فبلتر عبور دهید.**

توصیه ۴۴ : **در طراحی PCB بزرگ (که دارای I/O هستند) سعی کنید صفحه یا نوار زمین را تا کنار رابط I/Oادامه دهید و زمین رابط را مستقیما از همان جا بگیرید.**

نکاتی درباره انتخاب نوع آی سی های دیجیتال

همانطور که گفته شد یکی از عوامل مهم در ایجاد تداخل ، زمان خیز پالس های دیجیتال مدار است . با توجه به اینکه این پارامترها در آی سی های مختلف متفاوت است سعی کنید با توجه به کاربرد خود ، نوع مناسب آی سی دیجیتال را انتخاب کنید که تا حد امکان زمان خیز بزرگ شود.

عوامل موثر در حساسیت به نویز در آی سی های دیجیتال عبارتند از:

.1 سطوح ولتاژ VOH و VIH و VOL و : VIL **هر چه اختلاف VL و VH بیشتر باشد ، احتمال تاثیر نویز و مخدوش شدن سیگنال های دیجیتالی کمتر می شود** . حداقل و حداکثر محدوده VI و VH به همراه مقدار اسمی آنها برای خانواده های مختلف دیجیتال آورده شده است.

.2 سرعت گیت : **هر چقدر سرعت گیت بیشتر باشد بیشتر به spike ها جواب می‌دهد** . بنابراین اگر واقعا به سرعت زیاد احتیاج ندارید از گیت های کند مانند (CMOS) استفاده کنید.

.3 امپدانس خروجی : **هر چقدر امپدانس خروجی گیت بیشتر باشد ایجاد تداخل روی آن بیشتر خواهد شد** . بنابراین گیت های TTL(با امپدانس خروجی ۱۰) در این زمینه بهتر از گیت های (CMOS با امپدانس خروجی ۱۰۰) هستند.

توصیه ۴۵ : برای کاربردهای معمولی با سرعت و مصرف توان قابل قبول از گیت‌های HC استفاده کنید . زمان خیز این گیت ها حدود 60 ns است و مصرف انرژی کمی دارند . نوع HCT این خانواده با TTL نیز سازگار است.

در مجموع از نظر حساسیت به نویز ، خاواده های دیجیتال به این ترتیب رده بندی می شوند:

HSCMOS CMOSو [ECL TTL

از نظر ایجاد نویز روی تغذیه نیز به این ترتیب رده بندی می شوند:

TTLو ECL CMOS HSCMOS

(اگر بار خازنی قابل صرف نظر باشد)

TTLو CMOS ECL HSCMOS

(اگر بار خازنی وجود داشته باشد)

توصیه ۴۶ : اگر سرعت خانواده HCT برایتان مناسب نیست از خانواده AC استفاده کنید که مصرف توان کمی دارند . خانواده ACT با TTL نیز سازگار است.

توصیه ۴۷ : سعی کنید کمتر از گیت های LS استفاده کنید و به جای آنها از گیت های ALS و یا HCT استفاده کنید.

دیکوپلینگ مدارهای دیجیتال

توصیه ۴۸ : خازن انتخابی برای دکوپلینگ باید با امپدانس کم در محدوده f=1/t تا BW=1/NT باشد . برای خانواده های HC و LS خازن های چند نانوفارادی را انتخاب کنید.

توصیه ۴۹ : اگر فقط از خانواده های CMOS استفاده می کنید ، قرار دادن یک خازن برای کل برد کافی است.

توصیه ۵۰ : اگر فقط از خانواده ECL استفاده می کنید و اگر بار خازنی کم است ، قرار دادن یک خازن برای کل برد کافی است.

توصیه ۵۱ : **مسیر خطوط تغذیه و زمین را حتی الامکان به صورت نوارهای موازی طراحی کنید** که در فواصل معین با خازن مناسب به یکدیگر متصل شده باشند . این خازن ها را از نوع سرامیک کلاس یا سرامیک Block Type انتخاب کنید.

توصیه ۵۲ : برای هر SSI 10 از نوع ACT یک خازن یا هر دو تای نزدیک به هم ۱ نانو فاراد تا ۲۲ نانو فاراد

استفاده کنید.

توصیه ۵۳ : برای هر دو تا پنج SSI از نوع HCT یک خازن ۱نانو فارد تا ۲۲نانو فاراد استفاده کنید.

توصیه ۵۴ : برای هر MSI 11 یا LSI 12 و برای هر Driver / Transceiver خط ، یک خازن ۱۰نانو فاراد تا ۱۰۰نانو فاراد استفاده کنید.

منبع www.iranled.com :

استفاده از مدار اسنابرر بر روی تیغه های رله یا کنتاکتور

استفاده از فریت بیت روی خط مثبت جهت حذف نویز فرکانس بالا

Power Supply

The supply is a basic 5 volt regulator circuit with dual output for both analogue and digital components. The ferrite bead (FB1) should be rated for up to 40 MHz, and may be left out altogether - the circuit will still work, although EMI and noise will be higher than they should be. A copper ground plane may be used to reduce EMI even further. ZD1 helps prevent damage to the relatively expensive CS8414 if the regulator fails.

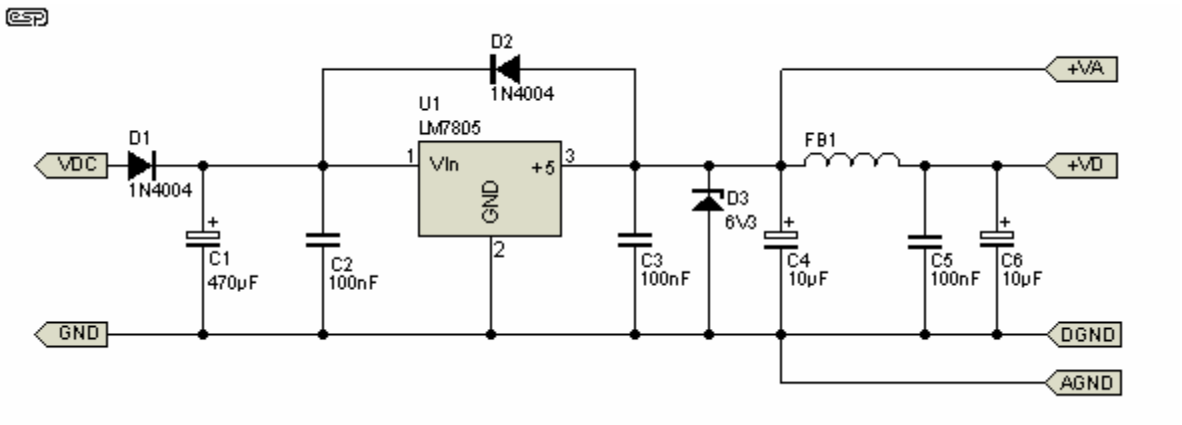


Figure 1 - Power Supply

As shown, ground returns from analogue and digital sections should be kept separate for minimal noise at the output. Input voltage is limited to the specs of the regulator, and increasing C1 allows AC to be used as well as DC. A low noise regulator is recommended since the class-A output of the D/A converter has a low PSRR - a standard 7805 will work but others may provide better results.

www.Belec.ir