عنوان پروژه

روش هاي كاهش نويز در مدارهاي الكترونيكي

فهرست مطالب

مقدمه 3
سازگاري الكترو مغناطيسي (EMC) 4
1 زمين كردن صحيح 4
11 كاهش امپداني مشترك 5
1.2 اجتناب از حلقه زمين 7
2 استفاده از حفاظ (شيلد) 8
1.2 كوپلاژ خازني 8
تاثير حفاظ روي كوپلاژ خازني 10
2.2 كوپلاژ سلفي (مغناطيسي) 11
كاهش امپدانس سيستم توزيع تغذيه زمين 12
3 فيلتر كردن 14
نكاتي درباره انتخاب نوع آي سي هاي ديجيتال 15
دكوپلينگ مدار هاي ديجيتال 16

مقدمه

به جرئت مي توان گفت كه طراحي منطق يك مدار الكترونيكي تنها قسمت كوچكي از كل كاري است كه براي توليد صنعتي آن مدار صورت مي گيرد .

نكاتي از قبيل در نظر گرفتن اثر قطعات بكار رفته در مدار ، طراحي محافظ [1] براي قسمت مختلف مدار ، بكار بردن روش هايي براي كم كردن اثر نويز در مدارها ، طراحي مدار چاپي با رعايت استاندارد لازم (براي كاهش تداخل الكترو مغناطيسي) انتخاب نوع آي سي هاي به كار رفته در مدار ، طراحي فيلتر براي قسمت هاي مختلف مدار ، وجز آن ، همه و همه از مسائلي هستند كه در كارامد بودن مدار اثر سرنوشت سازي دارند . شايد به همين علت است كه كمتر كسي پس از طراحي مدار روي كاغذ ، جرئت مي كند اقدام به ساختن آن كند .

اين مقاله به يكي از اين مسائل يعني كاهش اثر نويز در مدارهاي الكترونيكي پرداخته است ، آن هم از ديدگاهي خاص يعني عرضه روش هاي عملي براي اين مقصود . براي بررسي دقيق تر ، گذراندن درس سازگاري الكترو مغناطيسي (EMC) توصيه مي شود .

سيستم هاي الكترنيكي بايد طوري طراحي و ساخته شوند كه دو شرط زير را داشته باشند .

1- خود منبع نويز نباشند . (قسمت هاي ديجيتالي مدار ، فرستنده هاي راديويي ، و كامپيوترها ، نمونه هايي از منابع نويز اند)

2- به نويز خارجي حساس نباشند .

به عبارت ديگر سيستم هاي الكترونيكي بايد بتوانند در شرايط صنعتي به خوبي كار كنند و نويز سيستم هاي الكتريكي و الكترونيكي ديگر (مانند لامپ هاي فلورسنت و نئون ، خطوط قدرت ، فرستنده ها ، وسايل الكترونيك ديجيتال و جز آن) روي آنها اثري نداشته باشد . از طرفي خود اين سيستم ها بايد طوري طراحي شوند كه قسمتي از آنها روي قسمت هاي ديگر تداخل ايجاد نكند .

سازگاري الكترو مغناطيسي (EMC)

يك سيستم الكتريكي وقتي داراي سازگاري الكترو مغناطيسي است كه بتواند در محيط الكترو مغناطيسي مورد نظر به خوبي كار كند و خود منبع نويز نباشد .

با توجه به اهميت EMC ، استانداردهاي متفاوتي را مراجع ذيصلاح براي دستگاه هاي الكترونيكي وضع كرده اند . براي مثال FCC [2] استاندارد‌هايي را براي حداكثر تشعشع الكترو مغناطيسي وسايل الكترونيكي دارد و لازم است اين استانداردها به دقت رعايت شوند و گرنه دستگاه هاي ساخته شده اجازه ندارند به بازار عرضه شوند . عوامل لازم براي تاثير نويز عبارتند از : منبع نويز ، كانال كوپلاژ ، و گيرنده نويز .

نويز به روش هاي زير به سيستم هاي الكترونيكي نفوذ مي كند .

- كوپلاژ توسط ميدان هاي الكتريكي و مغناطيسي (و الكترو مغناطيسي) مانند تشعشع الكترو مغناطيسي .
- كوپلاژ هدايتي مانند انتقال نويز از طريق خط تغذيه مشترك .

روش هاي مختلفي براي كاهش اثر نويز در مدارهاي الكتريكي وجود دارد . در اين مقاله تعدادي از اين روش ها را به اجمال بررسي مي كنيم و تحقيق بيشتر و دقيق تر را به خواننده وامي گذاريم .

[1] زمين كردن صحيح

همانطور كه مي دانيد كابل هاي استاندارد تغذيه سه سيم دارند : فاز ، نول ، و سيم زمين . سيم زمين معمولاً به ((چاه زمين)) ساختمان متصل مي شود و در پتانسيل زمين قرار دارد . معمولاً بدنه دستگاه هاي الكتريكي به سيم متصل مي شوند تا از حوادثي مانند برق گرفتگي جلوگيري شود .

1

2.

برخي از نكات مهمي كه در طراحي زمين سيستم هاي الكترونيكي وجود دارد در ادامه بيان مي شود .

11 كاهش امپداني مشترك

هنگام طراحي مدار ، مي توان به دو صورت قسمت هاي مختلف را به زمين متصل كرد .

در نگاه اول ممكن است تفاوتي بين اين دو روش مشاهده نشود اما از آنجايي كه هادي هاي به كار رفته براي اتصال زمين ، هادي كامل نيستند ، امپدانسي بين هر قسمت مدار و زمين وجود دارد . مي توان ديد كه در اتصال سري زمين ، يك امپدانس مشترك بين گروه هاي زمين مدار وجود دارد . بنابراين تغيرات سريع جريان تغذيه در مدارهاي 1 و 2 باعث تغيير پتانسيل زمين مدار 3 مي شود و بدين ترتيب مي توانند در مدار 3 ايجاد تداخل كنند .

اما اگر قسمت هاي مختلف مدار را به صورت موازي زمين كنيم ، اين مشكل برطرف مي شود .

روش ديگر براي كاهش امپدانس مشترك استفاده از ((صفحه زمين)) است .

صفحه زمين يك لايه هادي با عرض زياد است كه امپدانس بسيار كمي دارد .

در صورتي كه صفحه زمين در دسترس باشد ، مي توان از ((زمين چند نقطه اي)) استفاده كرد .

توجه به اين نكته بسيار مهم است كه صفحه زمين بايد خود داراي امپدانس بسيار كمي باشد تا بتواند يك زمين خوب براي مدار به حساب آيد . مثلاً در طراحي بردهاي چند لايه معمولاً يكي از لايه هاي برد را به طور كامل به صفحه زمين اختصاص مي دهند .

توصيه 1: اگر فركانس كار مدارتان كمتر از 1 مگاهر تز است ، از زمين تك نقطه اي استفاده كنيد .

توصیه 2: اگر فركانس كار مدارتان بيشتر از 10 مگاهرتز است ، از زمين چند نقطه‌اي استفاده كنيد .

توصیه 3: اگر فركانس كار مدارتان بين 1 مگاهرتز و 10 مگاهرتز است و اگر طول سيم هاي زمين كمتر از 0/20 است ، از زمين تك نقطه اي استفاده كنيد .

توصیه 4: براي مدارهاي ديجيتال از زمين چند نقطه اي استفاده كنيد (به علت پهناي باند زياد اين مدارها) .

توصیه 5: اگر مدارتان داراي طيف فركانس وسيعي است ، از ((زمين هيبريد)) استفاده كنيد . اين مدار در فركانس هاي پايين به صورت تك نقطه اي زمين مي باشد .

توصیه 6: اگر مدارتان قطعات الكترونيكي متنوعي را در خود دارد ، آن را به قسمت‌هاي زير تقسيم كنيد و سيم هاي زمين هر قسمت را جداگانه به يكديگر متصل كنيد :

1- قسمت آنالوگ
2- قسمت ديجيتال
3- قسمت نويزي (رله ها ، موتورها و مانند آن)
4- زمين سخت افزاري

يك روش براي زمين كردن اين نوع مدارها در شكل 7 نمايش داده شده است .

1.2 اجتناب از حلقه زمین

نکته دیگر در طراحي زمین مدار ، جلوگیري از به وجود آمدن حلقه هاي زمین است . اگر در مدار حلقه زمین تشکیل شود ، در این حلقه بر اثر میدان هاي الکترو مغناطیسي مزاحم ، نویز القا مي شود .

روش هاي زیر براي قطع حلقه زمین پیشنهاد مي شود :

1- مي توانید براي از بین بردن کوپلاژ الکتریکي در مدار از ترانس به شکل 9 استفاده کنید .

2- مي توانید کوپلاژ الکتریکي را با کوپلاژ نوري جایگزین کنید . این روش به علت خطي نبودن براي مدارهاي دیجیتال مناسب است

3- مي توانید از تقویت کننده تفاضلي یا شبه تفاضلي در مدار استفاده کنید.

در این صورت نویز که روي هر دو ورودي تقویت کننده وجود دارد به شدت تضعیف مي شود و مي توان گیرنده را float به حساب آورد.

با کمي دقت مي توان دید که بهره مدار براي سیگنال V_s برابر $1+R_2/R_1$ و براي ولتاژ مشترك نویز 1 است.

4- متعادل کردن (Balancing) : در شرایطي که بتوان از دو منبع سیگنال در مدار استفاده کرد ، مي توان با متعادل کردن مصرف کننده ، اثر نویز مشترك را حذف کرد .

نویز القا شده روي دو هادي در کل یکدیگر را خنثي مي کنند .

5- استفاده از زمین هیبرید : در این سیستم بدنه دستگاه در فرکانس 50 هرتز به زمین متصل شده است ، اما براي فرکانس هاي بالاتر حلقه زمین وجود ندارد .

6- با استفاده از چوك طولي (بالون) : استفاده از یك چوك باعث مي شود که سیگنال هاي دیفرانسیلي به خوبي عبور کنند و سیگنال هاي مشترك به شدت

تضعيف شوند . استفاده از اين روش براي فركانس هاي بيشتر از 10 مگاهر به علت خاصيت خازني سيم پيچ ها مطلوب نيست .

7- استفاده از آي سي هاي تقويت كننده هاي جداساز : اين آي سي ها گران قيمت كه پهناي باندي در حدود 60 كيلوهرتز دارند ، مي توانند به خوبي براي جدا كردن دو قسمت مدار به كار روند .

2 استفاده از حفاظ (شيلد)

يكي از روش هاي جلوگيري از تداخل در مدارها استفاده از حفاظ است . براي مشاهده روش هاي به كار بردن حفاظ ، ابتدا كوپلاژهاي خازني و سلفي در مدار را بررسي مي كنيم .

1.2 كوپلاژ خازني

از آنجا كه بين هر دو هادي نزديك به هم كوپلاژ خازني وجود دارد تغييرات ولتاژ در يكي ، روي هادي ديگر تاثير مي گذارد .

همانطور كه مشاهده مي شود بين هر دو سيم مجاور و هر سيم و زمين ، كوپلاژ خازني وجود دارد . اين كوپلاژ در مورد اول باعث ايجاد همشنوي مي شود . بدون بررسي دقيق مي توان گفت كه با افزايش ارتفاع سيم ها از سطح زمين ، افزايش امپدانس سيم دوم ، افزايش طول سيم ها و افزايش فركانس X_{cap} افزايش پيدا مي كند و با افزايش فاصله دو سيم X_{cap} كاهش پيدا مي كند .

توصيه 7 : در طراحي PCB خط هايي را كه تغيرات سريع دارند (مانند ساعت مدار) دور از خطوط حساس مدار (مانند قسمت هاي حساس آنالوگ ، Reset يا I/O) قرار دهيد .

توصيه 8 : در طراحي PCB در طرفين خطوطي كه تغيرات سريع دارند از خطوط زمين استفاده كنيد . اين خطوط مانند حفاظ عمل مي كنند و باعث كاهش اثر روي قسمت هاي ديگر مدار مي شوند .

توصيه 9 : طول خطوط سيگنال بين كيت ها را حداكثر 15 الي 25 سانتي متر انتخاب كنيد . اگر از صفحه زمين استفاده مي كنيد طول اين خطوط را مي توانيد حداكثر تا 50 سانتي متر انتخاب كنيد .

توصيه 10 : اگر امپدانس ورودي گيت هاي و امپدانس مشخصه هادي در مدارهاي ديجيتال يكي باشند ، موج برگشتي نخواهيم داشت و ولتاژ اعمال شده به سرعت پايدار خواهد شد . بنابراين پيشنهاد مي شود كه امپدانس ورودي گيت ها را با استفاده از موارد زير تصحيح كنيد (به اين كار پاياندهي[4] خطوط ديجيتال مي گويند) . تذكر اين نكته لازم است كه امپدانس مشخصه خطوط PCB حدود 100 Ω است .

توصيه 11 : هنگام بستن مدارهاي Wire Wrap از بردهايي استفاده كنيد كه داراي صفحه زمين اند . اگر چنين بردهايي را در اختيار نداريد ، از خطوط متعدد زمين استفاده كنيد . با توجه به طبيعت خاص مدارهاي ديجيتال بهتر است بدون توجه به ايجاد حلقه زمين ، شبكه اي از خطوط زمين در سطح مدار ايجاد كنيد . ايجاد نوارهاي پهن زمين (بوسيله سيم هاي متعدد) نيز مي توان مفيد باشد .

توصيه 12 : هنگام بستن سيم ها در مدارهاي Wire Wrap ، ابتدا طولاني ترين سيم ها را ببنديد . به اين وسيله طولاني ترين سيم ها به صفحه زمين نزديك تر خواهند بود .

توصيه 13 : به فكر زيبا شدن مدار نباشد و هميشه از كوتاه ترين مسير براي سيم بندي استفاده كنيد .

توصيه 14 : كنار سيم هايي كه تغييرات سريع دارند (مانند ساعت) سيم هاي زمين قرار دهيد .

توصيه 15 : براي سيم هاي رفت و برگشت سيگنال ، از سيم هاي Twisted Pair استفاده كنيد .

توصيه 16 : به ازاي هر 1 متر موازي بودن با سيم تغذيه ، سيم هاي سيگنال معمولي بايد 2/5 سانتي متر و سيم هاي سيگنال حساس بايد 25 سانتي متر فاصله داشته باشند.

تاثير حفاظ روي كوپلاژ خازني

حفاظ باعث بسته شدن جريان نويز و هدايت آن به سمت زمين مي شود .

توصيه 17 : حفاظ را به خوبي زمين كنيد . سعي كنيد مقدار سيم خارج از حفاظ به حداقل برسد .

توصيه 18 : زمين كردن حفاظ بايد در يك نقطه انجام شود تا حلقه زمين ايجاد نشود ، اما در فركانس هاي بالاتر از 1 مگاهرتز يا در كابل هايي كه طول شان بزرگتر از $\lambda/20$ است را در دو طرف ، زمين مي كنيم و اگر طول كابل خيلي زياد باشد در هر $\lambda/20$ حفاظ را زمين مي كنيم .

توصيه 19 : توجه كنيد كه جريان نويز منبع تدخلي از راه حفاظ به زمين مي رود . بنابراين حفاظ را مسير عبور جريان سيگنال نكنيد . مثلا زمين كردن حفاظ در نقطه A باعث عبور جريان نويز از سيم هاي سيگنال مي شود و بهتر است حفاظ در نقطه B زمين شود .

توصيه 20 : اگر منبع سيگنال float است و بار زمين شده است ، حفاظ را در طرف بار زمين كنيد ، و اگر منبع سيگنال زمين شده است و بار float است حفاظ را در طرف منبع زمين كنيد .

توصيه 21 : يكي ديگر از مواردي كه ممكن است حفاظ ، مسير عبور جريان شود. وقتي فركانس از چند كيلوهرتز بالاتر رود به علت القاي متقابل بين حفاظ و سيم حامل جريان ، جريان سيگنال از حفاظ عبور خواهد كرد . بنابراين بايد از به كار بردن اين تركيب ها اجتناب كنيد .

2.2 كوپلاژ سلفي (مغناطيسي)

هر دو سيم مجاور به علت القاي متقابل ممكن است در يكديگر ايجاد تداخل كنند . امپدانس كوپلاژ بين دو سيم با افزايش فركانس يا ارتفاع از سطح زمين يا طول دو سيم افزايش مي يابد و با افزايش فاصله دو سيم و امپدانس سيم قرباني[5] ، كاهش پيدا ميكند .

با توجه به ماهيت مغناطيسي اين كوپلا ، حفاظ روي آن تاثيري ندارد .

توصيه 22 : براي كاهش كوپلاژ مغناطيسي سعي كنيد سطح حلقه هاي مدار را كاهش دهيد .

توصيه 23 : براي مقابله با كوپلاژ مغناطيسي و الكتريكي مي توان از كابل هاي (Shielded Twisted Pair)Twinax استفاده كرد.

كابل هاي Triaxنيز براي اين كار مناسب اند .

توصيه 24 : زمين كردن مدار از يك طرف ، اهميت بسيار دارد ، زيرا كوپلاژ مغناطيسي به سطح حلقه حساس است بنابراين براي كاهش كوپلاژ مغناطيسي از روش‌هاي قطع حلقه استفاده كنيد .

توصيه 25 : هنگام استفاده از كابل هاي تخت[6] بين هر دو سيم سيگنال از يك سيم زمين استفاده كنيد . اگر لازم است چند كابل تخت روي هم قرار داده شوند ، حتما از يك فاصله گذار[7] بين آنها استفاده كنيد ، زيرا در اين حالت ، زمين هاي متعدد كمكي به كاهش همشنوي[8] نمي كنند .

توصيه 26 : براي حفاظ ، در مجموع فولاد (به شرط اينكه ضخامتش بيشتر از 1 ميلي متر باشد) مناسب تر از مس يا آلومينيوم است . براي مقابله با ميدان مغناطيسي فركانس پايين از موادي با μ_r پايين تر (فولاد يا آلياژ نيكل ، مومتال و پرمالوي) استفاده كنيد . براي مقابله با ميدان هاي فركانس بالا (بيشتر از چند صد كيلوهرتز) از مس يا آلومينيوم استفاده كنيد . در مواردي كه شدت ميدان مغناطيسي خيلي زياد است از حفاظ چند لايه استفاده كنيد .

توصيه 27 : سعي كنيد حفاظ هيچ منفذي به خارج نداشته باشد ، زيرا در غير اين صورت كارايي آن افت مي كند . در شرايطي كه واقعا نياز به منفذ داريد ، (مثلا براي عبور سيم از جعبه كامپيوتر) سعي كنيد سطح تماس درزها را بيشتر كنيد تا ميدان مغناطيسي نفوذ كمتري به داخل داشته باشد . همچنين قسمت هاي منتشر كننده يا جذب كننده نويز را دور از منافذ قرار دهيد .

توصيه 28 : براي آب بندي كردن منافذ از Gasket استفاده كنيد . Gasket مانند واشر راه نفوذ ميدان مغناطيسي را مي بندد (چه به سمت داخل و چه به سمت خارج).

توصيه 29 : اگر لازم است سيمي از حفاظ عبور كند ، بايد حتماً آن را از فيلتر عبور دهيد .

كاهش امپدانس سيستم توزيع تغذيه زمين

يكي از نكات مهم در طراحي مدار كاهش امپدانس مشخصه سيستم توزيع تغذيه زمين است . براي اين كار بايد ملاحظات زيادي در طراحي مدارها به ويژه PCB در نظر گرفته شود . به عنوان مقدمه امپدانس مشخصه چند سيستم را بررسي مي كنيم .

با توجه به مطالب ذكر شده براي ساخت PCB توصيه هايي وجود دارد :

توصيه 30 : يك خط مسي به ضخامت 1 ميلي متر روي PCB حدودا $5m\Omega/cm$ مقاومت ، 1pf/cm ظرفيت خازني ، و 7nH/cm ضريب سلفي دارد . بنابراين تا جايي كه ممكن است از طول خطوط PCB كم كنيد و عرض آنها را بزرگ انتخاب كنيد . يك طراحي خوب براي PCB بايد فقط جاهاي لازم را از مس پاك كند و جاي خالي بدون مس بي استفاده نداشته باشد .

توصيه 31 : پهناي باند فركانس پالس هاي ديجيتالي تقريبا هيچ ربطي به فركانس پالس ندارد ؛ بلكه زمان خيز[9] پالس است كه پهناي باند فركانس آن را مشخص مي كند . در مورد پالس هاي ديجيتال داريم :

$$1/\pi t_r$$

بنابر اين يك پالس ديجيتال با $t_r=3ns$ (مانند گيت هاي AS) پهناي باندي در حدود 100 مگاهرتز دارد . بنابر اين كاهش امپدانس مشخصه در مدار هاي ديجيتالي اهميت زيادي دارد .

توصيه 32 : اگر مي توانيد از برد چند لايه استفاده كنيد ، يك لايه كامل را به صفحه زمين و يك لايه را به منبع تغذيه اختصاص دهيد .

توصيه 33 :اگر از برد دو لايه استفاده مي كنيد ، يك طرف برد را به طور كامل به زمين اختصاص دهيد و در طرف ديگر با استفاده از خطوط پهن تغذيه آي سي ها را تغذيه كنيد .

توصيه 34 : اگر مجبور ايد كه از برد يك لايه استفاده كنيد ، 50 تا 60 درصد سطح برد را به صفحه زمين اختصاص دهيد . اگر اين كار براي تان ممكنت نيست از شبكه زمين استفاده كنيد .

توصيه 35 : در بردهاي يك رو سعي كنيد از خطوط پهن زمين و تغذيه كه حتي‌الامكان به يكديگر نزديك باشند استفاده كنيد . براي اين منظور مي توانيد مانند از سطح زمين زير آي سي ها استفاده كنيد .

توصيه 36 : اصولا براي كاهش اندوكتانس بايد در كاهش طول و افزايش عرض كسي ، كم كردن سطح حلقه و استفاده از مسيرهاي موازي زمين كوشيد .

توصيه 37 : در مدارهاي ديجيتال حتما از شبكه زمين استفاده كنيد . سعي كنيد عرض پنجره ها بين 1 تا 5 سانتي متر باشد و يا به طور ثابت در فاصله بين آي سي ها شبكه زمين ايجاد كنيد . سعي كنيد خطوط عمودي پنجره ها را از يك سمت برد و خطوط عمودي را از سمت ديگر عبور دهيد .

توصيه 38 : در طراحي PCB سعي كنيد آرايش قسمت هاي كم فركانس و با فركانس متوسط و بالا قسمت فركانس بالا هر چه بيشتر به صفحه زمين نزديك باشد .

توصيه 39 : قسمت هاي مختلف مدار را از يكديگر جدا كنيد و سعي كنيد جريان قسمت از مدار (مثلا قسمت ديجيتال) از قسمت هاي ديگر (مثلا آنالوگ) عبور نكند . مي توان يك طراحي مناسب را مشاهده كرد.

3 فيلتر كردن

يكي ديگر از روش هاي كاهش اثر تداخل الكترو مغناطيسي در مدار استفده از فيلتر است . براي فيلتر كردن مي توان از مدارهاي LC و RC استفاده كرد .

هنگام استفاده از مدارهاي LC بايد توجه داشت كه اولا $f_{\cdot} = 1/2\pi\sqrt{LC}$ بايد خيلي پايين تر از باند عبور مدار متصل به فيلتر باشد و ثانيا $S = 1/2R\sqrt{C/L}$ بزرگتر از 0/5 باشد .

نمونه اي از استفاده فيلتر CRCو CLC را (كه بهتر از RC و LC هستند) مشاهده مي كنيد . وظيفه اين فيلترها حذف spike هاي مدارهاي ديگر و جلوگيري از خروج spike هاي خود مدار به خارج است . قابل توجه است كه فيلتر CLC قدرت بيشتري دارد و علاوه بر آن افت ولتاژ آن كمتر از CRC است .

توصيه 40 : با توجه به اينكه در فركانس هاي بالا خازن ها خاصيت سلفي و سلف‌ها خاصيت خازني پيدا مي كنند در انتخاب خازن براي حذف فركانس هاي بالا دقت كنيد . خازن هاي ميكا ، سراميك ، و تفلون با توجه به اينكه كيفيت بالا و فركانس تشديد زيادي دارند براي اين منظور مناسب اند .

توصيه 41 : هنگام قرار داد خازن بايد تا حد امكان پايه آن را كوتاه كرد .

از طرفي طول مسير اتصال خازن به زمين و پايه تغذيه الكتريكي آي سي بايد تا حد امكان كوتاه باشد . دقت كنيد كه به علت وجود فركانس هاي بالا در مدار (فركانس‌هاي تداخلي و فركانس هاي توليد شده توسط قسمت هاي ديجيتال) بايد به اين توصيه توجه بسيار كرد .

توصيه 42 : به محل قرار گرفتن خازن در مدار دقت كنيد . مثلا قرار گرفتن بار خازني در اميتر ترانزيستور باعث مي شود كه مدار استعداد نوسان پيدا كند .

توصيه 43 : سيم هايي را كه از فيلتر عبور داده ايد از منابع نويز و ساير سيم ها دور نگه داريد . همچنين سيم هايي را كه از خارج دستگاه وارد مي شوند ، بلافاصله از فيلتر عبور دهيد.

توصيه 44 : در طراحي PCB بزرگ (كه داراي I/O هستند) سعي كنيد صفحه يا نوار زمين را تا كنار رابط I/O ادامه دهيد و زمين رابط را مستقيما از همان جا بگيريد.

نكاتي درباره انتخاب نوع آي سي هاي ديجيتال

همانطور كه گفته شد يكي از عوامل مهم در ايجاد تداخل ، زمان خيز پالس هاي ديجيتال مدار است . با توجه به اينكه اين پارامترها در آي سي هاي مختلف متفاوت است سعي كنيد با توجه به كاربرد خود ، نوع مناسب آي سي ديجيتال را انتخاب كنيد كه تا حد امكان زمان خيز بزرگ شود .

عوامل موثر در حساسيت به نويز در آي سي هاي ديجيتال عبارتند از :

1. سطوح ولتاژ V_{OH} و V_{IH}و V_{OL} و V_{IL} : هر چه اختلاف V_L و V_H بيشتر باشد ، احتمال تاثير نويز و مخدوش شدن سيگنال هاي ديجيتالي كمتر مي شود . حداقل و حداكثر محدوده V_I و V_H به همراه مقدار اسمي آنها براي خانواده هاي مختلف ديجيتال آورده شده است .

2. سرعت گيت : هر چقدر سرعت گيت بيشتر باشد بيشتر به spike ها جواب مي‌دهد . بنابراين اگر واقعا به سرعت زياد احتياج نداريد از گيت هاي كند (مانند CMOS) استفاده كنيد .

3. امپدانس خروجي : هر چقدر امپدانس خروجي گيت بيشتر باشد ايجاد تداخل روي آن بيشتر خواهد شد . بنابراين گيت هاي TTL (با امپدانس خروجي 10Ω) در اين زمينه بهتر از گيت هاي CMOS (با امپدانس خروجي 100Ω) هستند .

توصیه 45 : براي كاربدهاي معمولي با سرعت و مصرف توان قابل قبول از گیت‌هاي HC استفاده كنید . زمان خیز این گیت ها حدود 60 ns است و مصرف انرژي كمي دارند . نوع HCT این خانواده با TTL نیز سازگار است .

در مجموع از نظر حساسیت به نویز ، خاواده هاي دیجیتال به این ترتیب رده بندي مي شوند :

HSCMOS ⟩ CMOS و ECL ⟩ TTL

از نظر ایجاد نویز روي تغذیه نیز به این ترتیب رده بندي مي شوند :

TTL و HSCMOS CMOS ⟩ ⟩ ECL

(اگر بار خازني قابل صرف نظر باشد)

TTL و HSCMOS ⟩ ECL ⟩ CMOS

(اگر بار خازني وجود داشته باشد)

توصیه 46 : اگر سرعت خانواده HC (T) برایتان مناسب نیست از خانواده AC استفاده كنید كه مصرف توان كمي دارند . خانواده ACT با TTL نیز سازگار است .

توصیه 47 : سعي كنید كمتر از گیت هاي LS استفاده كنید و به جاي آنها از گیت هاي ALS و یا HC (T) استفاده كنید .

دكوپلینگ مدارهاي دیجیتال

توصیه 48 : خازن انتخابي براي دكوپلینگ باید با امپدانس كم در محدوده $f_1 = 1/T$ تا $BW = 1/\pi t_r$ باشد . براي خانواده هاي HC و LS خازن هاي چند نانوفارادي را انتخاب كنید .

توصیه 49 : اگر فقط از خانواده هاي CMOS استفاده مي كنید ، قرار دادن يك خازن براي كل برد كافي است .

توصیه 50 : اگر فقط از خانواده ECL استفاده مي كنید و اگر بار خازني كم است ، قرار دادن يك خازن براي كل برد كافي است .

توصیه 51 : مسیر خطوط تغذیه و زمین را حتي الامکان به صورت نوارهاي موازي طراحي کنید که در فواصل معین با خازن مناسب به یکدیگر متصل شده باشند (شکل 40) . این خازن ها را از نوع سرامیك کلاس I یا سرامیك Block Type انتخاب کنید .

توصیه 52 : براي هر SSI[10] از نوع (T) AC یك خازن یا هر دو تاي نزدیك به هم 1nF تا 22nF استفاده کنید .

توصیه 53 : براي هر دو تا پنج SSI از نوع (T) HC یك خازن 1nF تا 22nF استفاده کنید .

توصیه 54 : براي هر MSI[11] یا LSI[12] و براي هر Driver / Transceiver خط ، یك خازن 10nF تا 100nF استفاده کنید