Archive of SID

1st International Conference on new achievements in Science & Technology
24th August 2017
اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی
۲ شهریور ماه ۱۳۹۶ – تهران

مشخصات سازگاری الکترومغناطیسی در پیاده سازی پروتکل ارتباطی CAN

محمد حسین کوهی قمصری۱، مصطفی مطاعی۲

۱ دانشجوی کارشناسی، دانشکده شهید شمسی پور، ایران
Mohammadghamsari@ieee.org
۲ کارشناسی ارشد، دانشکده برق، دانشگاه علم و صنعت، ایران
mmotaei@gmail.com

چکیده

امروزه پروتکل ارتباطی CAN یکی از قابل اطمینان ترین روش ها به منظور ایجاد ارتباطی سریع و مطمئن بین واحدهای کنترلی بخش های مختلف سیستم های الکترونیکی می باشد. با توجه به ویژگی ها و استانداردهای ارائه شده برای این پروتکل، کاربرد آن علاوه بر صنایع حمل و نقل، در اتوماسیون صنعتی، صنایع هوافضا، سیستم های بلادرنگ و... گسترش یافته است. از این رو بررسی مشخصات سازگاری الکترومغناطیسی[1] این پروتکل و بررسی راهکارهای لازم به منظور ایجاد اطمینان از ارتباطی بدون خطا و عدم تاثیرگذاری پیاده سازی پروتکل بر دیگر سیستم ها لازم است. در این مقاله قصد داریم مشخصات سازگاری الکترومغناطیسی این پروتکل را همراه با شبیه سازی های لازم بررسی کرده و راهکارهای لازم به منظور کاهش اثرگذاری سیگنال های مخرب محیطی را در پیاده سازی این پروتکل بررسی نماییم.

واژه‌های کلیدی: پروتکل CAN ، مشخصات سازگاری الکترومغناطیسی ، گره

[1] Electromagnetic Compatibility (EMC)

www.SID.ir

Archive of SID

1st International Conference on new achievements in Science & Technology
24th August 2017
اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی
۲ شهریور ماه ۱۳۹۶ – تهران

EMC aspects of CAN bus implementation

Mohammad hossein, koohi ghamsari [1]; Mostafa, Motaei [2]

1- University of Shahid Shamsipour, Tehran,Iran
(Email: *Mohammadghamsari@ieee.org*)
2- Department of Electrical, Iran University of Science & Technology, Tehran,Iran
(Email: *mmotaei@gmail.com*)

Abstract

Today CAN bus is one of the most reliable communication protocols for implementing a fast and dependable connection between different ECUs in a electronic system. With respect to the realesed specifications and standards for this protocol, it has been used in applications including but not limited to transportation, industrial automation, avionics, real-time systems,etc. Hence, investigations for the EMC aspects and specifications for a error-free and reliable communication is mandatory. In this paper, we will study the EMC solutions in a CAN-based communication system and evaluate some important practical aspects in a simulation approach.

Keywords: *CAN bus , EMC aspects, node*

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه در صنایع الکترونیک یک واحد کنترلی نمیتواند عملکرد مناسبی داشته باشد و برای عملکرد دقیق تر و سرعت پاسخ بیشتر، اطلاع از وضعیت و عملکرد دیگر اجزای سیستم نیز مورد نیاز است. به این منظور از واحدهای کنترل مختلفی در بخش های مورد نیاز یک سیستم استفاده می شود و یک کنترل کننده ی مرکزی عملکرد دیگر واحد های کنترل الکترونیکی را تحت اداره خویش قرار می دهد. به این منظور وجود ارتباطی دائمی بین واحدهای کنترل کننده ی الکترونیکی پیاده سازی شده اجتناب ناپذیر است.

پروتکل ارتباطی CAN[1] یکی از انواع استانداردهای گذرگاه وسایل نقلیه[2] رایج به منظور ایجاد ارتباطی مطمئن بین واحدهای الکترونیکی کنترل کننده در وسایل نقلیه می باشد.

از ویژگی های CAN می توان به سرعت مناسب برای کاربردهای بلادرنگ (تا 1 Mbit/s)(۱۹۹۱)، قابلیت اطمینان بالا در ایجاد ارتباطی بدون خطا، عملکرد صحیح در محیط های پر نویز و صنعتی و استانداردهای متنوع برای کاربردهای گوناگون اشاره نمود.

برای استفاده از این پروتکل در محیط های شامل نویزهای ایجاد کننده تداخل، رعایت استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی به منظور اطمینان از عملکرد صحیح ارتباط ضروری است. در این مقاله به بررسی راهکارهای لازم به منظور طراحی و پیاده سازی این پروتکل به همراه رعایت استانداردهای سازگاری الکترمغناطیسی می پردازیم.

پیاده سازی پروتکل CAN شامل پیاده سازی سه لایه از مدل OSI شامل لایه فیزیکی، لایه پیوند داده و لایه کاربرد می باشد.(۲۰۱۳) در عمل این سه لایه به ترتیب توسط واحد فرستنده و گیرنده[3] و تجهیزات فیزیکی شبکه، واحد کنترل کننده CAN و کنترل کننده مرکزی پیاده سازی می شوند. لذا مشخصات تجهیزات فیزیکی شبکه و واحد فرستنده و گیرنده با توجه به ارتباط مستقیم با اجزای فیزیکی شبکه و پیاده سازی لایه فیزیکی شبکه CAN از نقطه نظر مباحث مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی قابل بررسی می باشد.

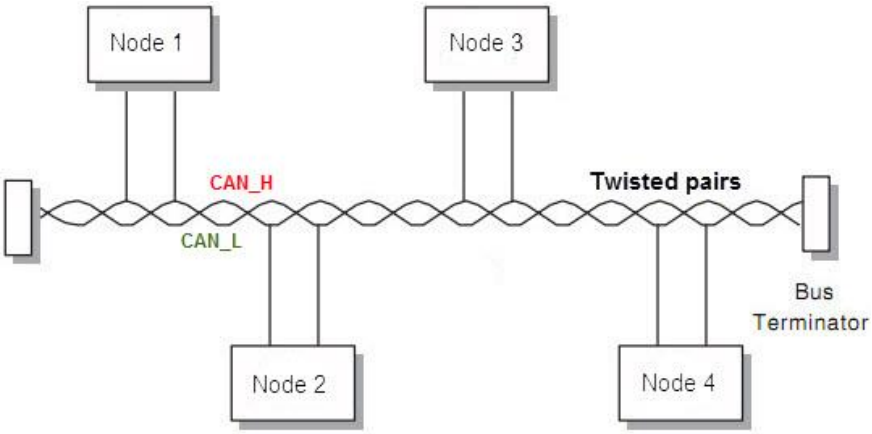
کابل های شبکه

در استانداردهای ارائه شده برای پرتکل CAN توسط سازمان ISO ، نوع مشخصی از کابل به منظور پیاده سازی شبکه های صنعتی توسط این پروتکل تعیین نگردیده است اما به طور معمول برای مطابقت و سازگاری با استانداردهای ارائه شده در بخش لایه ی فیزیکی، از زوج سیم های به هم تابیده شده[4] استفاده می شود. با توجه به سیگنال های تفاضلی به کار رفته در پیاده سازی ارتباط CAN (CANH و CANL)، استفاده از خطوط متعادل به منظور ایجاد ارتباط بین گره های شبکه باعث افزایش مصونیت ارتباط در برابر نویز و همچنین جلوگیری از تشعشع نویز توسط داده های پر سرعت شبکه به محیط پیرامون و اثرگذاری بر روی دیگر سیستم ها می شود. این مسئله به خصوص در مورد پیاده سازی پروتکل در سرعت های بالا (مانند 1Mbit/s) موضوعیت پیدا می کند. شکل ۱ استفاده از کابل زوج به هم تابیده شده برای اتصال گره های CAN را نشان می دهد.

[1] Controller Area Network
[2] Vehicle Bus
[3] Transceiver
[4] Twisted-Pairs

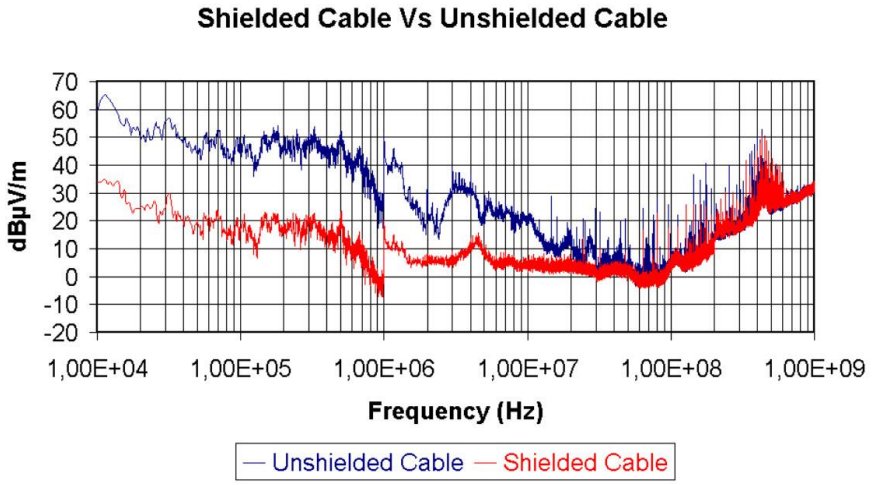
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱ : اتصال گره های شبکه CAN توسط کابل زوج به هم تابیده شده (۲۰۰۳)

استفاده از محافظ[1] برای کابل های شبکه باعث افزایش اطمینان از عدم تأثیرگذاری سیگنال های مخرب خارجی بر روی سیگنال های ارتباطی می شود. معمولا در صنعت هوافضا از کابل های به همراه محافظ[2] استفاده می شود. شکل ۲ تأثیر قابل توجه وجود محافظ برای کابل های ارتباطی به منظور کاهش تشعشعات ارتباط به مقدار ۲۰ تا ۳۰ دسیبل را تا فرکانس حدود 3MHz نشان می دهد.



شکل۲ : تأثیر استفاده از کابل های محافظ دار در کاهش تشعشعات(۲۰۱۶)

فیبر نوری رابط دیگری است که در ارتباط CAN می توان از آن استفاده کرد. در این حالت منطق بازگشتی[3] به معنای عدم

[1] Shield
[2] STP (Shielded-Twisted Pairs)
[3] Recessive

www.SID.ir

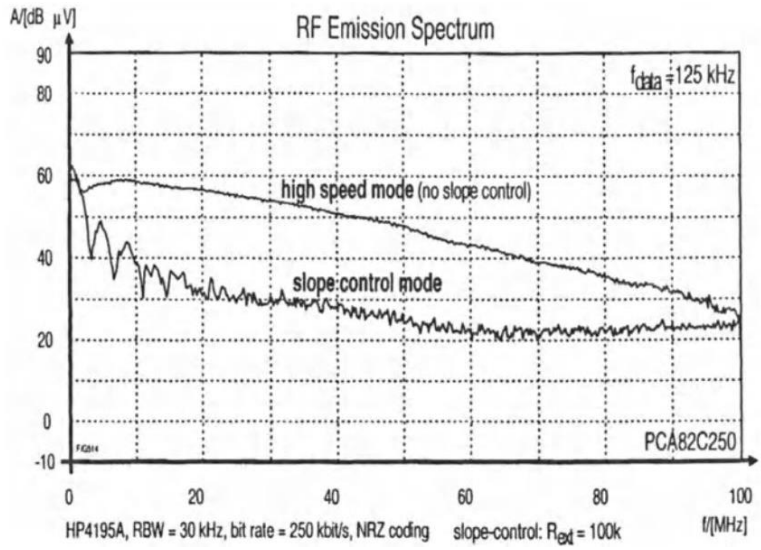
وجود نور و منطق غالب[1] به معنای وجود نور است. مزیت استفاده از فیبر نوری در کاهش تشعشعات الکترومغناطیسی و جداسازی الکتریکی سیگنال ها از محیط می باشد و در محیط هایی با سطوح بالای EMI کاربرد دارد.

مشخصات EMC تراشه های فرستنده و گیرنده

به منظور تطابق مشخصات پیاده سازی ارتباط CAN با استانداردهای ارائه شده، تراشه های فرستنده و گیرنده امکانات و ویژگی های مختلفی را در این زمینه ارائه می کنند. از جمله مهم ترین این ویژگی ها می توان موارد زیر را نام برد :

۱- قابلیت کنترل شیب سیگنال
۲- پشتیبانی از تغذیه استاندارد صنعتی 24V
۳- محافظت در برابر افزایش دمای محیط
۴- جدا شدن گره از شبکه به منظور عدم تأثیرگذاری مخرب بر روی گذرگاه
۵- قالبیت تحمل ولتاژ های گذرا
۶- تطبیق با استانداردهای تخلیه الکتریسیته ساکن[2]
۷- عدم ایجاد سیگنال های ناخواسته[3] هنگام اتصال تغذیه

یکی از مهم ترین قابلیت های تراشه های فرستنده و گیرنده در کنترل میزان تشعشعات سیگنال های شبکه، قابلیت کنترل زمان صعود و نزول لبه های سیگنال می باشد. با توجه به وابستگی شیب لبه صعودی و نزولی سیگنال به مؤلفه های فرکانس بالای سیگنال، به منظور کاهش تأثیرات مخرب در خطوط انتقال و کاهش تشعشعات سیگنال به ویژه در سرعت های بالا، می توانیم توسط این قابلیت مقدار شیب سیگنال را بر روی مقدار مناسب تنظیم نماییم. با توجه به رابطه مستقیم افزایش شیب تغییرات سیگنال با مسافت کابل شبکه، باید مصالحه ای توسط طراح شبکه بین بهبود مشخصات EMC و مسافت کابل شبکه صورت پذیرد. شکل ۳ تأثیر استفاده از قابلیت کنترل شیب در کاهش تشعشعات رادیویی را نشان می دهد.



شکل۳ : تاثیر کنترل شیب سیگنال بر روی تشعشعات رادیویی(۱۹۹۷)

[1] Dominant
[2] ESD (Electrostatic Discharge)
[3] Glitch

www.SID.ir

ملاحظات EMC در طراحی برد مدارچاپی گره های CAN

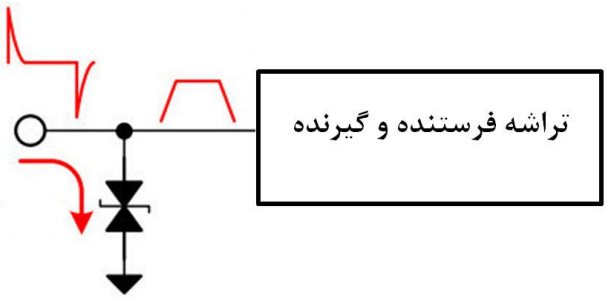
یکی از بخش های مهم و تأثیرگذار لایه ی فیزیکی در مشخصات EMC گره های شبکه CAN ، برد مدارچاپی گره ها می باشد. در طراحی برد مدار چاپی گره های شبکه CAN ضمن رعایت قوائد و اصولی که به طور مشترک در طراحی بردهای مدارچاپی استفاده می شود، باید به نکات گسترده تری در طراحی بخش واحد فرستنده و گیرنده ارتباط دقت شود. به منظور طراحی بهینه برد مدارچاپی باید از طراحی بخش های حفاظتی و مدارات فیلترینگ آغاز نمود.

مدارات محافظتی IEC در درون تراشه ها برای کاربردهای آزمایشگاهی و تجهیزات قابل حمل مناسب می باشند اما برای مسائل EFT و ولتاژهای گذرا که در محیط های صنعتی به وجود می آید کافی نیستند. در نتیجه برای طراحی گره های شبکه CAN که قابلیت اطمینان بالایی داشته باشند، نیاز به استفاده از مدارهای محافظتی خارجی در کانکتورهای هر گره وجود دارد. این مدارات مانع از ورود نویزهای القایی به درون سیستم های متصل شده به شبکه می شوند.

در کاربردهایی که گره های ارتباط CAN در معرض تجهیزاتی مانند منابع تغذیه سوئیچینگ، کلیدهای القایی و پدیده تخلیه الکتریسیته ساکن هستند، ممکن است بخش راه انداز تراشه فرستنده و گیرنده در اثر ایجاد ولتاژهای گذرای ناخواسته دچار آسیب شود. به این منظور استانداردهای حفاظتی ESD و EFT به منظور محافظت در برابر ولتاژهای ناگهانی برای کاربردهای صنعتی تدوین شده اند. سه استاندارد پرکاربرد در این زمینه عبارت اند از :

۱- IEC 61000-4-2 ESD protection
۲- IEC 61000-4-4 EFT protection
۳- IEC 61000-4-5 surge protection

یکی از ساده ترین و در عین حال پرکاربردترین روش ها به منظور محافظت از تراشه های فرستنده و گیرنده در مقابل تخلیه الکتریسیته ساکن، استفاده از دیود های TVS[1] می باشد. از ویژگی بسیار مهم این دیودها ظرفیت خازنی پایین آنها می باشد که باعث عدم تاثیرگذاری این دیودها بر روی سرعت شبکه می شود. شکل ۴ نحوه استفاده از این دیود در ورودی تراشه فرستنده و گیرنده را نشان می دهد.



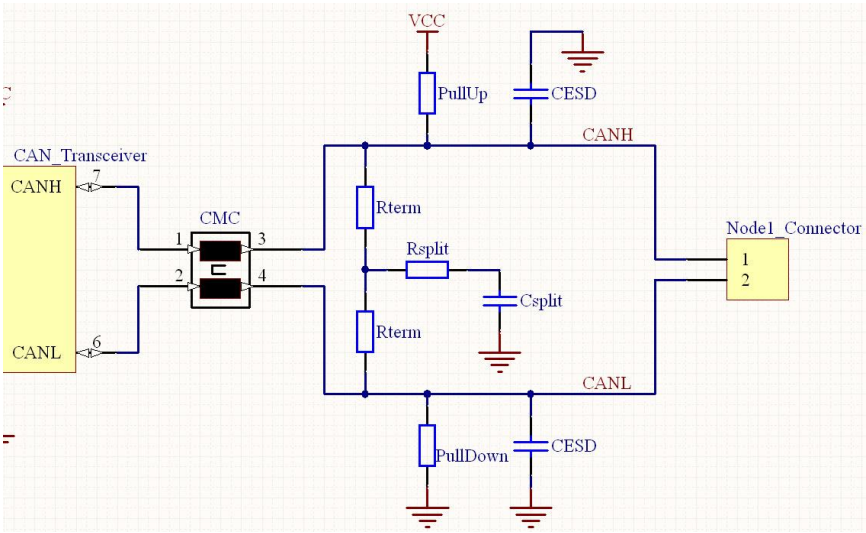
شکل۴ : استفاده از دیود TVS در ورودی تراشه فرستنده و گیرنده

یکی دیگر از انواع تداخلات مشکل ساز در شبکه های CAN ، نویزهای حالت مشترک[2] است. این نویز در اثر عوامل متعددی همچون عدم تقارن در سیگنال های CANH و CANL و عدم تقارن در مدارات و فیلترهای فرستنده و گیرنده به وجود می

[1] Transient Voltage Suppressor
[2] Common Mode Noise

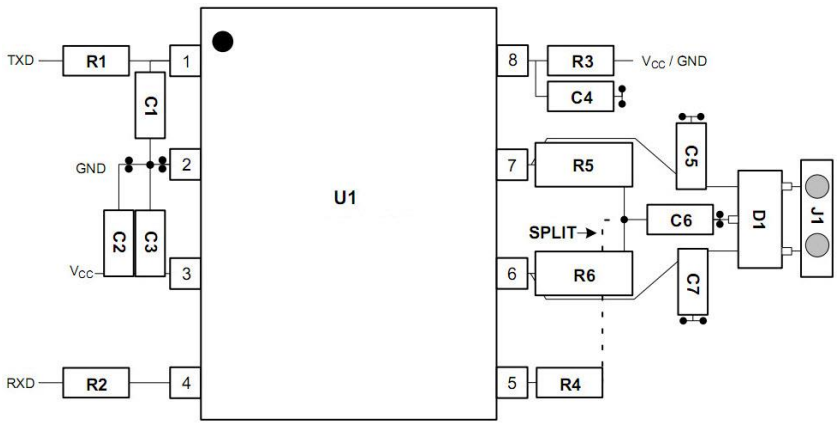
www.SID.ir

آید. به منظور حذف نویزهای حالت مشترک موجود در شبکه، می توان از مدارات محافظتی شکل ۵ استفاده نمود. در این شکل از چوک حالت مشترک به منظور حذف نوسانات و نویزهای حالت مشترک موجود در شبکه استفاده شده است. همچنین از خازن های محافظت کننده در برابر تخلیه الکتریسیته ساکن بر روی پایه های CANH و CANL به منظور تخلیه الکتریسیته ساکن ایجاد شده در ورودی گره ها استفاده شده است. این خازن ها باید در نزدیک ترین مکان به کانکتور ورودی گره قرار گیرند. به منظور افزایش سطح اطمینان از مشخصات EMC سیگنال های ورودی، از تکنیک خاتمه سازی انشعابی به منظور ایجاد تطبیق امپدانس استفاده گردیده است.



شکل۵ : مدارات محافظتی ورودی تراشه فرستنده و گیرنده

شکل ۶ جانمایی پیشنهادی در طراحی بخش تراشه فرستنده و گیرنده برد مدار چاپی را نشان می دهد.



شکل۶ : جانمایی پیشنهادی شرکت TI برای تراشه های فرستنده و گیرنده(۲۰۱۵)

نکات طراحی بخش فرستنده و گیرنده مطابق شکل بالا عبارت اند از :

۱- دیود محافظتی D1 باید از نوع TVS بوده و مکان قرارگیری آن در نزدیک ترین محل به کانکتور ورودی به گره باشد.

۲- استفاده از خازن های C5 و C7 به عنوان فیلترهای خطوط CAN_H و CAN_L

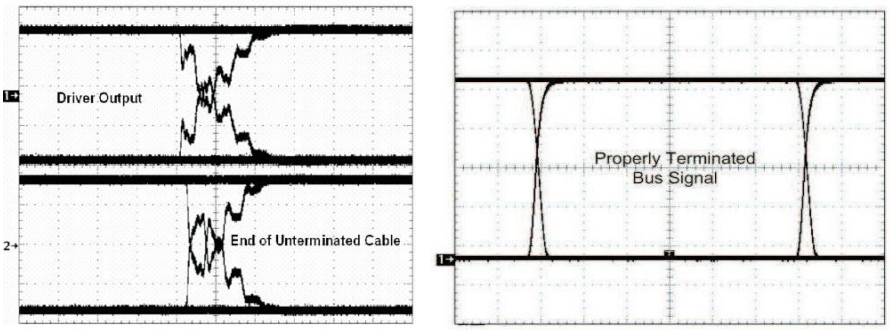
www.SID.ir

۳- طراحی خاتمه سازی انشعاب دار توسط مقاومت های R5 ، R6 و خازن C6 (پایه سمت راست خازن به زمین متصل می شود)
۴- طراحی فلیتر تغذیه توسط خازن های C2 و C3 ، مکان قرار گیری آنها در نزدیکترین محل به پایه های تراشه
۵- استفاده از حداقل از دو via در طراحی برد مدار چاپی برای خطوط تغذیه متصل شده به خازن های فیلترکننده و عناصر محافظت کننده به منظور به حداقل رساندن اندوکتانس صفحات تغذیه
۶- استفاده از مقاومت های سری R1 ، R2 ، R3 و R4 به منظور کنترل جریان حامل سیگنال های دیجیتال
۷- استفاده از خازن های C1 و C4 در نزدیکترین محل به پایه های تراشه به منظور فیلترکردن پایه های ورودی و خروجی دیجیتال
۸- استفاده از مقاومت های 1K اهم تا 10K اهم بر روی پایه های دارای وضعیت شناور به منظور بایاس کردن پایه ها و جلوگیری از ورود نویز به درون تراشه
۹- استفاده از مقاومت های خارجی به منظور تأمین سطح بازگشتی بر روی پایه TXD (خروجی سریال) دارای منطق درین باز[1]
۱۰- خطوط CAN_H و CAN_L باید در کنار یکدیگر و به شکل متقارن با حداکثر طول ۱۰ سانتی متر رسم شوند.

خاتمه سازی[2]

خاتمه سازی یکی از ملزومات بسیار مهم به منظور ایجاد تطبیق امپدانس در خطوط پر سرعت است که اگر به درستی اجرا نشود باعث به وجود آمدن انعکاس سیگنال های پر سرعت به درون شبکه و ایجاد ناپایداری در سیگنال های ارتباطی می گردد. در شبکه های مبتنی بر CAN نیز استفاده از خاتمه سازی مناسب یکی از مهم ترین بخش های طراحی به منظور مطابقت با استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی می باشد. لازم به ذکر است عدم رعایت خاتمه سازی در فواصل بسیار کوتاه و در سرعت های پایین مشکلی به وجود نمی آورد اما در پیاده سازی شبکه های پر سرعت در فواصل طولانی، استفاده از تکنیک های خاتمه سازی الزامی است.

شکل ۷ تأثیر قرار دادن مقاومت های خاتمه سازی مناسب را در بهبود کیفیت گذار سیگنال های شبکه نشان می دهد. در شکل سمت چپ، مقاومت خاتمه سازی استفاده نشده است که باعث به وجود آمدن ناپایداری در سیگنال شده است. شکل سمت راست سیگنال های همان شبکه را همراه با استفاده از خاتمه سازی مناسب نشان می دهد.



شکل۷ : تأثیر استفاده از خاتمه سازی در وضعیت گذار سیگنال ها(۲۰۰۸)

[1] Open-Drain
[2] Termination

www.SID.ir

Archive of SID

به طور کلی در ارتباط CAN سه نوع تکنیک خاتمه سازی استفاده می شود :

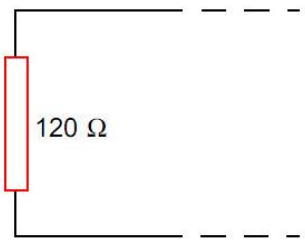
۱- خاتمه سازی استاندارد

۲- خاتمه سازی انشعاب دار[1]

۳- خاتمه سازی انشعاب دار همراه بایاس[2]

۱- خاتمه سازی استاندارد

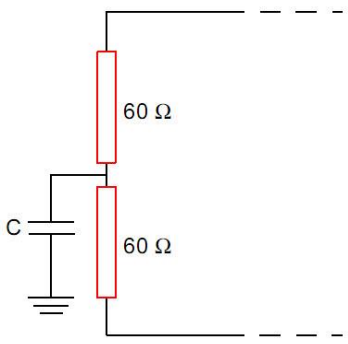
با قرار دادن دو مقاومت برابر امپدانس مشخصه کابل (معمولا در شبکه CAN برابر ۱۲۰ اهم) در دو سر کابل این نوع خاتمه سازی محقق می شود. این نوع خاتمه سازی ساده ترین و در عین حال متداول ترین نوع خاتمه سازی در شبکه های CAN می باشد. شکل ۸ این نوع خاتمه سازی را نشان می دهد.



شکل۸ : خاتمه سازی استاندارد

۲- خاتمه سازی انشعاب دار

در این روش به جای استفاده از دو مقاومت در دو سر گذرگاه، هر مقاومت را به دو مقاومت مساوی (معمولا ۶۰ اهم) تقسیم کرده و بین آنها را توسط یک خازن کنارگذر[3] به زمین متصل می کنیم. این نوع خاتمه سازی با جلوگیری از نوسان ولتاژ مشترک خط در ابتدای شروع انتقال قالب باعث بهبود بیشتر رفتار الکترومغناطیسی شبکه می شود. در برخی از تراشه ها پایه ای به نام Split یا Vsplit وجود دارد که باید به وسط دو مقاومت متصل گردد. شکل ۹ این نوع خاتمه سازی را نشان می دهد.



شکل۹ : خاتمه سازی انشعاب دار

۳- خاتمه سازی انشعاب دار همراه بایاس

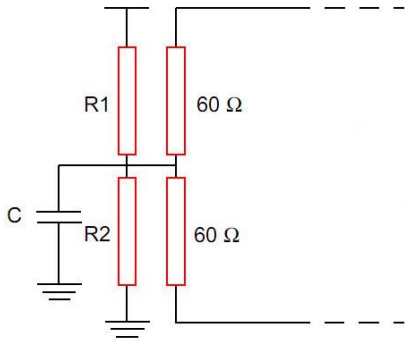
[1] Split Termination

[2] Biased Split Termination

[3] Bypass

www.SID.ir

این روش مشابه روش خاتمه سازی انشعاب دار است با این تفاوت که برای ثابت نگه داشتن سطح منطق بازگشتی و بهبود بیشتر مشخصات EMC شبکه، از دو مقاومت تقسیم کننده ولتاژ با مقدار برابر استفاده می شود. بنابراین ولتاژ بین دو مقاومت همواره برابر نصف ولتاژ تغذیه خواهد بود. شکل ۱۰ پیاده سازی این نوع خاتمه سازی را نشان می دهد.



شکل۱۰ : خاتمه سازی انشعاب دار همراه بایاس

جداسازی الکتریکی[1]

جداسازی الکتریکی یکی از تکنیک های رایج در سیستم های الکترونیکی به منظور جلوگیری از عبور ولتاژهای گذرا و نویزهای احتمالی و آسیب رسیدن به بخش های کنترلی سیستم و بخش های حساس می باشد. در شبکه های CAN نیز توسط این روش تراشه فرستنده و گیرنده و شبکه جداسازی شده و احتمال آسیب دیدن مدارات راه انداز ورودی و خروجی تراشه تا حد قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می کند. به طور کلی در سیستم های الکترونیکی دو روش متداول برای جداسازی الکتریکی استفاده می شود :

۱- استفاده از ترانسفورماتور : دارای معایبی مانند ابعاد فیزیکی بزرگ، وزن زیاد، پاسخ فرکانسی نامناسب، قیمت زیاد

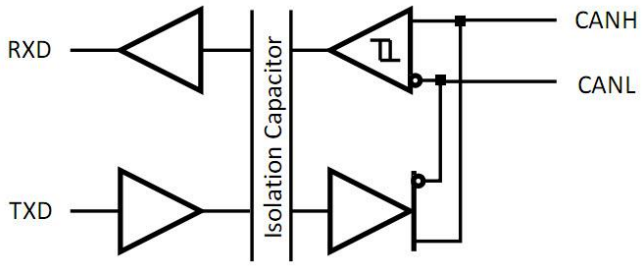
۲- استفاده از جداکننده کننده نوری[2] : امروزه تقریباً در اغلب کاربردها از این روش برای جداسازی الکتریکی استفاده می شود. از جمله مزایای جداکننده نوری می توان به ابعاد کوچک، وزن کم، توان مصرفی پایین و پاسخ فرکانسی مناسب اشاره نمود.

امروزه بسیاری از تراشه های فرستنده و گیرنده دارای جداساز داخلی می باشند و در صورت استفاده از این تراشه ها، نیازی به افزون جداساز خارجی وجود ندارد. شکل ۱۱ ورودی تراشه فرستنده و گیرنده ISO1050 شرکت TI را نشان می دهد که در ورودی آن توسط شبکه خازنی جداسازی الکتریکی صورت گرفته است.

[1] Galvanic Isolation

[2] Opto-Isolator (Opto-Coupler)

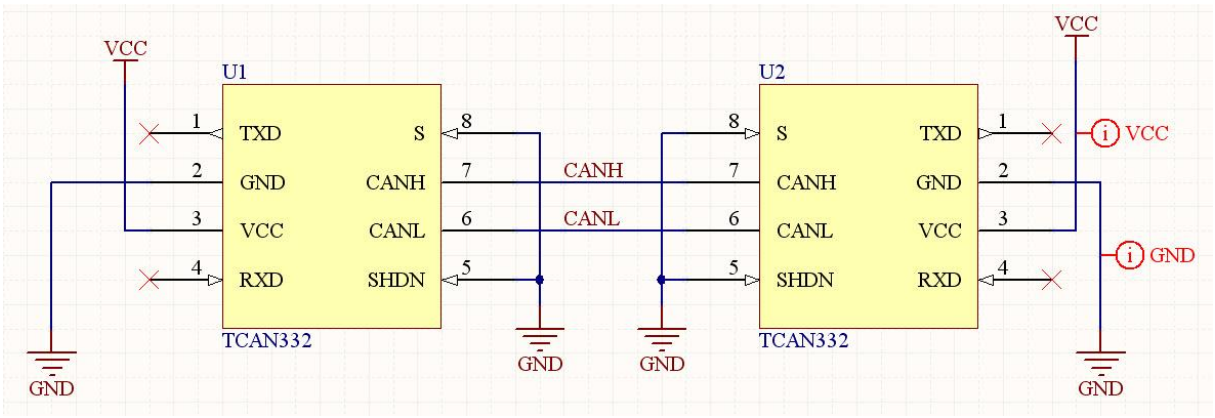
www.SID.ir



شکل۱۱ : ورودی تراشه ISO1050 شرکت TI، جداسازی الکتریکی توسط شبکه خازنی(۲۰۱۵)

شبیه سازی مشخصات یکپارچگی سیگنال[1] ارتباط CAN

امروزه با توجه به عرضه نرم افزار های قدرتمند شبیه سازی، همواره شبیه سازی عملکرد سیستم قبل از ساختن نمونه واقعی آن به عنوان یکی از مراحل مرسوم در فرایند طراحی لحاظ می گردد. در این بخش وضعیت سیگنال های شبکه CAN شامل دو گره را در بخش فرستنده و گیرنده شبیه سازی می کنیم. بدین منظور مطابق شکل ۱۲ از دو تراشه فرستنده و گیرنده TCAN332 شرکت TI استفاده می کنیم.



[1] Signal Integrity

www.SID.ir

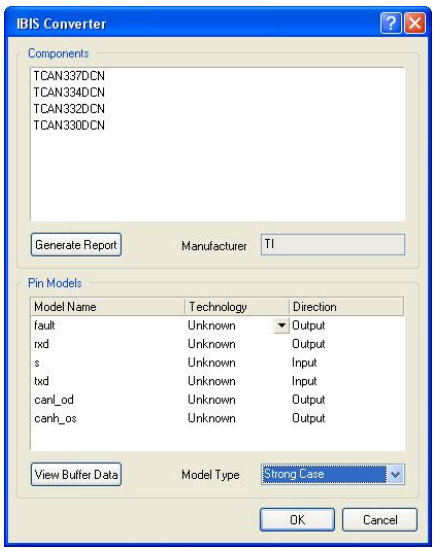
شکل۱۲ : شماتیک شبیه سازی یکپارچگی سیگنال های CANH و CANL

قصد داریم تا شبیه سازی یکپارچگی سیگنال را برای سیگنال های تفاضلی CANH و CANL اجرا کنیم. برای این منظور مدل های IBIS[1] مربوط به دو تراشه فرستنده و گیرنده را مطابق شکل ۱۳ تنظیم می کنیم. از بین انواع حالت های مدل، حالت Strong Case را به منظور بررسی شرایط حدی انتخاب می کنیم.

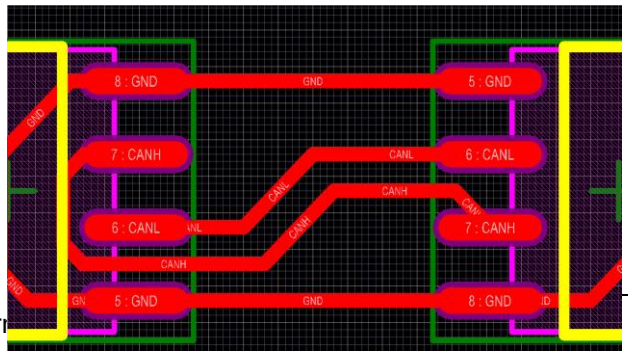
نتایج شبیه سازی به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله می توان به مسافت خطوط، ضخامت خطوط و فاصله خطوط تفاضلی CANH و CANL با دیگر خطوط برد مدار چاپی اشاره نمود. شکل ۱۴ نحوه رسم این خطوط را در برد مدار چاپی نشان می دهد. مشخصات آزمایش اول عبارت است از :

- ضخامت خطوط : 10 mils (معادل 0.254 میلی متر)
- مسافت خط CANH : 11.36 میلی متر
- مسافت خط CANL : 6.98 میلی متر
- بدون استفاده از مقاومت خاتمه سازی

شکل ۱۵ نتیجه شبیه سازی انعکاسات را بر روی خط CANH نشان می دهد.



شکل۱۳ : اعمال مدل های IBIS تراشه های فرستنده و گیرنده



[1] Input/Output Buffer Infor

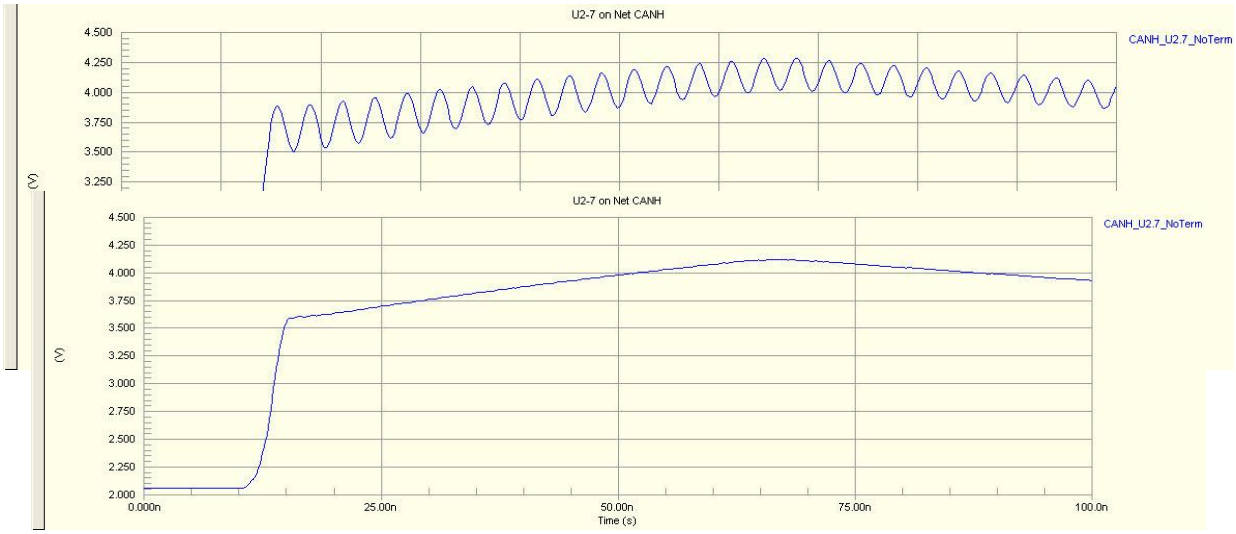
www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱۴ : خطوط تفاضلی CANH و CANL در برد مدار چاپی

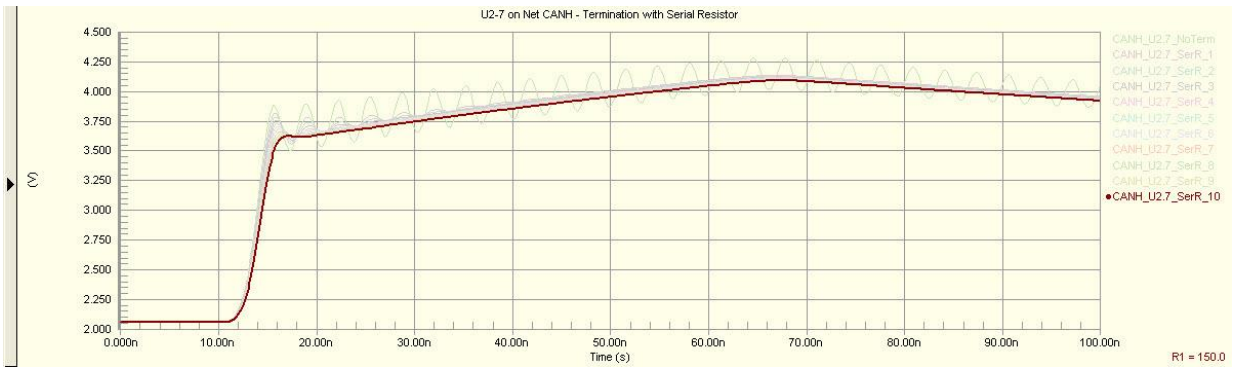
شکل۱۵ : نتیجه شبیه سازی انعکاسات بر روی سیگنال CANH در آزمایش اول

مطابق شکل ۱۵، سیگنال CANH از نظر نوسانات و پایداری در شرایط مطلوبی قرار دارد. با افزایش مسافت سیگنال CANH ، مطابق شکل ۱۶ نوسانات ناپایدار در لبه ی بالارونده سیگنال مشاهده می شود.



شکل۱۶ : نتیجه شبیه سازی انعکاسات بر روی سیگنال CANH آزمایش دوم

به منظور تعدیل نوسانات ایجاد شده، از مقاومت خاتمه سازی با مقدار ۱۵۰ اهم استفاده می کنیم. شکل ۱۷ نتایج شبیه سازی استفاده از مقاومت خاتمه سازی را نشان می دهد.



شکل۱۷ : نتیجه شبیه سازی انعکاسات بر روی سیگنال CANH آزمایش دوم، استفاده از مقاومت خاتمه سازی

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

پروتکل CAN در حال حاضر یکی از قابل اطمینان ترین پروتکل های ارتباطی در صنعت است. نتایج حاصل از بررسی مشخصات این پروتکل و نتایج پیاده سازی های عملی و شبیه سازی های صورت گرفته بر روی این پروتکل نشان دهنده ی قابلیت اطمینان بالای موجود در این پروتکل به منظور ایجاد شبکه های ارتباطی در داخل سیستم های مبتنی بر شبکه است. همچنین نتایج نشان می دهند که اگر نکات لازم مربوط به استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی در این پروتکل در هنگام پیاده سازی رعایت شوند، ارتباط پیاده سازی شده توسط این پروتکل قابلیت عملکرد در شرایط محیطی سخت و پر نویز را نیز به خوبی دارا می باشد. پیاده سازی و شبیه سازی توپولوژی های شبکه مانند ستاره و مش، بررسی و اندازه گیری مشخصات EMC در کاربردهای مختلف، امکان سنجی پیاده سازی پروتکل بر بستر تراشه های FPGA و مزیت های آن می توانند به عنوان موضوعات تحقیقاتی آینده در این زمینه مد نظر قرار گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

Bosch GmbH R, Controller Area Network (CAN) specification version 2.0 Part A, 1991, Germany

Kumar Singh V, Archana K, 2013. Implementation Of 'CAN' Protocol In AutomobilesUsing Advance Embedded System, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2013. 2231–5381.

Eisenreich D, DeMuth B, 2003. Designing Embedded Internet Devices. 1-878707-98-1, Burlington MA, Elsevier

Casarosa G, Apuzzo M, Fanucci L, Sarti B, 2016. Characterization of the EMC performances of the CAN bus in a typical system bus architecture for small satellites, Proceedings of the 9th EUROMICRO conference on the Digital System Design (DSD'06). 2016. 0-7695-2609-8/06.

Lawrenz W, 1997. CAN System Engineering From Theory to Practical Applications. 978-1-4471-5612-3, New York,Springer

TI Corporation , 2015. SN65HVDA1040A-Q1 Datasheet

Corrigan S. TI Corporation, 2008. Controller Area Network Physical Layer Requirements

TI Corporation , 2015. ISO1050 Isolated CAN Transceiver Datasheet

www.SID.ir