

符合汽车 EMC/EMI 要求之成功设计的十个技巧

作者：Mark Sauerwald

应用工程师，汽车连通性与以太网

引言

汽车行业及各家汽车制造商必须满足多种电磁兼容性 (EMC) 要求。比如：其中有两项要求是确保电子系统不会产生过多的电磁干扰 (EMI) 或噪声，以及必需能够免受其他系统所产生之噪声的影响。本文探究了部分此类要求，并介绍了一些可用于确保设备设计符合这些要求的技巧和方法。

EMC 要求概述

CISPR 25 是一项标准，其提出了几种配有建议限值的测试方法，用以对某个即将安装到汽车上的组件所产生的辐射发射进行评估。[1, 2] 除了 CISPR 25 为制造商提供的指导之外，大多数制造商还拥有一套自己的标准作为 CISPR 25 指导准则的补充。CISPR 25 测试的主要目的是确保即将安装到汽车中的组件不会干扰车内的其他系统。

CISPR 25 要求执行测试的房间里的电磁噪声电平必须至少比实测的最低电平低 6 dB。由于 CISPR 25 具有其期待噪声电平低至 18 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 的场所，因此需要一个低于 12 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) 的环境噪声电平。作为参考，这大约相当于距离天线 1 km 以外的一个典型 AM 广播电台的场强。[3]

在当今的环境中，满足该要求的唯一办法就是在一个专为把测试环境与外界电磁场加以屏蔽而设计和建造的特殊房间里进行测试。此外，由于正常的预算都要求对测试室的大小做一定的限制，故而应避免测试环境遭受测试室内部产生的信号反射的不良影响，这一点很重要。于是，测试室的墙壁必须镶嵌有某种不会反射电磁 (EM) 波的材料 (图 1)。测试室的造价十分昂贵，其通常是按小时来租用的。为了节省成本，最好是在设计阶段即对 EMC/EMI 问题进行评估，从而在测试室中实现一次成功。

另一种测试标准是 ISO 11452-4 大电流注入 (BCI) 系列测试，其用于验证某个组件是否受到了窄带电磁场的不利影响。测试是通过利用一个电流探针将扰动信号直接感应到线束中来进行的。

实现成功 EMC 测试的 10 个技巧

1. 保持小的环路

当存在一个磁场时，一个由导电材料形成的环路充当

图 1：采用特殊的锥形瓷砖以阻止反射的典型测试室



了天线，并且把磁场转换为围绕环路流动的电流。电流的强度与闭合环路的面积成正比。因此，应尽量地避免环路的存在，并使必要的封闭区域的面积尽可能地小。比如，当有差分数据信号时，就可能存在一个环路。在采用差分线路的发送器和接收器之间会形成一个环路。

另一种常见的环路出现在两个子系统共用某个电路的场合，也许是一台显示器和负责驱动该显示器的引擎控制电路 (ECU)。在汽车底盘中有一根公共的接地 (GND) 线，即显示端和系统的 ECU 端至该 GND 的一根连接线。当视频信号连接至具有其自己的接地线的显示器时，会在接地平面的内部形成一个巨大的环路。在有些场合中，此类环路是不可避免的。然而，通过在至地的连接中引入一个电感器或铁氧体磁珠，虽然 DC 环路仍然存在，但是从 RF 辐射的角度来看，这个环路被断开了。

另外，当通过双绞线电缆传送信号时，每对差分驱动器 / 接收器都将形成一个环路。一般地，由于双绞线是紧密耦合的，因此对于链路的电缆部分而言该环路的面积很小。不过，一旦该信号到达电路板，则应保持紧密耦合以避免扩大环路面积。

2. 旁路电容中必不可少的

CMOS 电路非常受欢迎，部分原因即在于其拥有高速度和非常低的功率耗散。理想的 CMOS 电路仅在其改变状态以及节点电容需要充电和放电时消耗功率。从电源的观点来看，平均流耗为 10 mA 的 CMOS 电路在时钟转换期间吸收的电流可能要高出许多倍，而在时钟转换周期之间的流耗则非常低甚至为零。因此，辐射限制方法重点关注的是电压和电流的峰值，而不是平均值。

在时钟转换过程中从电源至芯片电源引脚的电流浪涌是一个主要的辐射源。通过在每个电源引脚的附近布设一个旁路电容器，在时钟脉冲边沿期间为芯片供电所需的电流将直接由该电容器提供。随后，在时钟转换周期之间该电容器上的电荷利用一个较低、较稳定的电流来积聚。较大的电容器适合于提供电流的激增，但对于高速要求的反应能力欠佳。非常小的电容器能够对需求做出快速反应，但是它们的总电荷容量有限并且很快就会耗尽。对于大多数电路来说，最佳的解决方案是将不同大小的电容器并联混用（也许是 $1\ \mu\text{F}$ 和 $0.01\ \mu\text{F}$ 电容器的并联）。把较小的电容器布设在非常靠近器件电源引脚的地方，而较大的电容器则可安放在距离电源引脚远一点的地方。

3. 良好的阻抗匹配可最大限度地降低 EMI

当高速信号通过一根传输线传送并在该传输线上遇到了特征阻抗的变化时，部分信号将被反射回信号源，部分信号将沿着原来的方向继续传送。反射将导致辐射，这一点是不会改变的。为了实现低 EMI，必需遵循合适的高速设计惯例。有大量上佳的资源为您提供了有关传输线设计的信息。[4, 5] 这里给出了一些在设计传输线时建议采取的预防措施：

· 请记住，在接地平面和信号走线之间存在信号。辐射可以由信号走线或接地平面的中断所引起，因此应留意信号走线下方的接地平面切口或中断。

· 设法避免在信号走线的排布当中出现锐角。精巧弯曲的拐角要比直角转弯好得多。

· 通常，FPD-Link 信号将让组件对其进行分接；例如：同轴电缆供电、电源连接、AC 耦合电容器，等等。为了最大限度地减少这些组件上的反射，可尝试使用诸如 0402 规格的小型组件，并把走线的宽度设定得与 0402 组件焊盘的宽度相同。而且，还务必通过控制叠层中的电介质厚度来设定走线的特征阻抗。

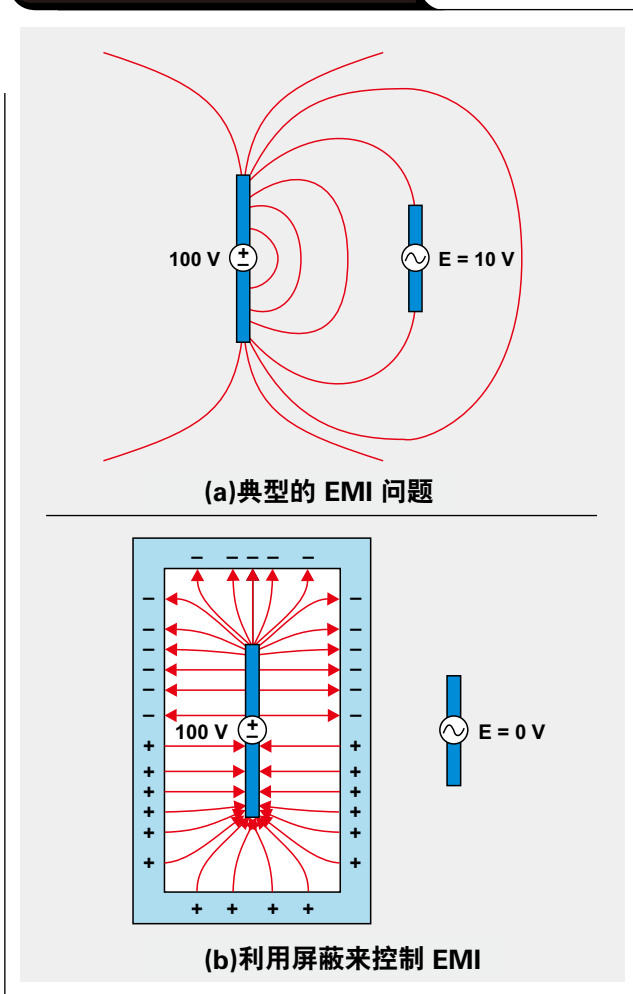
4. 屏蔽

应采用优良的屏蔽方法，在这一点上没有捷径可走。当以最大限度地减少辐射为目标进行设计时，需在会引发

问题的电路部分的周围实施屏蔽。虽然它仍有可能辐射能量，但是良好的屏蔽能够捕获辐射并在它们从系统逸出之前将其发送至地。图 2 示出了屏蔽是如何控制 EMI 的。

屏蔽可以采取多种形式。也许简单到把某个系统封闭在一个导电外壳之中，或者，也可能是采用一个焊接在辐射源上方的精加工的小型定制金属外壳。

图 2：屏蔽示例



5. 简短的接地线

流入一颗芯片的所有电流都将再次从该芯片流出。本文中介绍的几个技巧都谈到了这样一点，就是至芯片的连接线必需简短，比如：旁路电容器要靠近 IC、应保持小的环路等。然而，接地电流返回其来源所必须经由的路径则常常被遗忘。在理想的情况下，电路板的一层是专门用于接地的，至 GND 的路径比一个过孔长不了多少。然而，有些电路板布局在接地平面中有切口，因而会迫使接地电流经由一条很长的路径从芯片返回电源。当 GND 电流通过该路径传输时，它就充当了一个发送或接收噪声的天线。

6.速度不要超过所需的水平

业界有这样一种倾向，就是担心时序裕度并采用尽可能快的逻辑器件来提供最佳的时序裕度。不幸的是，非常快的逻辑器件具有陡峭的脉冲边沿和甚高频成分，往往会产生 EMI。降低系统 EMI 量的一种方法是使用速度尽可能低但仍将满足时序要求的逻辑器件。许多 FPGA 允许把驱动强度设置在较低的水平，这是一种降低边缘速率的方法。在某些场合中，可采用逻辑线上的串联电阻器来减低系统中的信号转换速率。

7.电源线电感器

在第二个技巧中我们讨论了，可以将旁路电容器用作降低电流浪涌影响的手段。电源线上的电感器则是同一个问题的另一个方面。通过在电源线上布设电感器或铁氧体磁珠，将强制连接至该电源的电路从电容器（而不是大老远地从电源）来满足其动态功率需求。

8.在开关电源的输入端上布设电容器

在寻求解决 EMI 问题时，一个反复出现的主题是在可能的情况下降低 dv/dt 和 i/dt 。关于这一点，DC/DC 转换器也许看似完全没有危害，直到人们意识到其并非直接完成从 DC 至 DC 的转换，而是从 DC 至 AC 再到 DC。因此，处在转换中间阶段的 AC 有可能引起 EMI 问题。

汽车设计人员担心产生干扰的地方在于 AM 无线电波段。绝大多数汽车都配备了一台 AM 收音机，其具有一个可调谐频率范围为 500 kHz 至 1.5 MHz 的非常灵敏的高增益放大器。如果某个组件发射了处在该频段之内的信号，将很有可能在 AM 收音机里听到。许多开关电源所采用的开关频率就位于此频段内，从而在汽车应用中导致问题的发生。因此，大多数汽车开关电源都采用高于该频段的开关频率——通常是在 2MHz 或者更高。假如在开关电源的输入端或输出端上未提供充分的滤波，那么部分此类开关噪声就会进入其他也许对基频或次谐波频率很敏感的系统。

9.密切注意谐振

对于各种不同的干扰源，已规定利用电感器和电容器来缓解有可能导致 EMI 的 dv/dt 和 di/dt 问题。然而，电感器和 i/dt 或电容器会具有与自谐振有关的不良特性。这个问题常常可以通过增设一个与电感器并联的电阻器来纠正，该电阻器可吸收振荡所产生的能量，从而避免其变大到足以引发问题的地步。当存在一个通向某个带有旁路电容器的组件的串联电感器（一个分立的组件或者一个源自电源线的寄生电感）时，就会引发另一个潜在的问题。由此形成的 LC 电路有可能在谐振频率上振荡。同样，这个问题也可以利用一个电阻器（通常是与该电感器并联）加以解决。

10.扩频计时可降低峰值辐射

对于 FPD-Link 串行器或解串行器 (SerDes) 等组件而言，

常常存在一个具有扩频计时选项的数据总线和时钟。在扩频计时中，对时钟信号进行调制。结果是把由时钟和数据信号脉冲边沿产生的能量散布在比其必需占用的频段更宽的频率范围内。由于 EMI 规范被设置为限制某个频段内的任何频率上的峰值辐射，因此把噪声散播在较宽的频段内可帮助大幅减少噪声峰值。

DS90UB914A-Q1 是一个很好的解串行器实例，它常常与 DS90UB913A-Q1 串行器一起使用。这些器件用于在先进驾驶辅助系统 (ADAS) 中的摄像机和处理器之间提供视频链接。该解串行器负责恢复摄像机中的图像传感器提供给串行器的时钟，并将该时钟与数据一起输出以供处理器使用。与一个高速时钟同时执行转换操作的 10 或 12 根高速数据线是引发 EMI 的一个主要来源。为了降低该 EMI，DS90UB914A 具有一种使用扩频时钟和输出数据（而不是图像传感器提供的低抖动时钟）的选项。该扩频时钟通过解串行器中的寄存器来控制。

结论

由于汽车越来越多地依赖电子产品来实现不限于娱乐和舒适功能的关键型汽车运转，因此对于在存在干扰的情况下执行无差错操作以及不对车内的其他系统产生干扰的需求日渐攀升。通过遵循本文所概述的技巧和方法，以及选择合适的组件，工程师们就可以设计稳健型系统，从而使汽车系统能够不受 EMI 问题的干扰而可靠地工作。

参考文献

1. CISPR 25 规范，ANSI eStandards Store。
2. 作者：Vincente Rodriguez，《汽车组件 EMC 测试：CISPR 25、ISO 11452-2 及等效标准》，摘自 Safety & EMC 2011。
3. 《AM 广播地波场强图》，摘自 FCC Encyclopedia。
4. 作者：Brian C. Wadell，《传输线设计手册》，Artech House 出版社，1991 年 1 月 1 日。
5. 作者：Howard W Johnson 和 Martin Graham，《高速信号传播：高级黑魔法》，Prentice Hall Professional 出版社，2003 年。

相关网站

产品信息：

DS90UB914A-Q1
DS90UB913A-Q1

订阅 AAJ：

www.ti.com.cn/subscribe-aaaj

TI Designs 参考设计库提供完整的设计方案，由资深工程师团队精心创建，支持汽车、工业、医疗、消费等广泛应用的设计。在这里，您能找到包括原理图、物料清单、设计文件及测试报告的全面设计方案。登陆TI Designs，找寻更多适合您的参考设计！简单设计，从TI起步。

马上登录 ti.com.cn/tidesigns 查询最适合您的设计文档。



WEBENCH® 设计中心: 易于使用且可提供定制结果的设计工具。
PowerLab™ 参考设计库, 包含了近千个适用于所有应用的参考设计。
电源在线培训课程

www.ti.com.cn/webench
www.ti.com.cn/powerlab
www.ti.com.cn/powertraining

WEBENCH® Designer My Designs

Clocks	Filters	传感器
电源	FPGA/μP	LED

输入您的供电要求:

直流 交流

输入电压: 最小 14.0 V, 最大 22.0 V
输出电压: 3.3 V, 输出电流: 2.0 A
环境温度: 30 °C

多负载: **Power Architect** | 单输出: **开始设计**

WEBENCH® Designer My Designs

输入电压: 最小 14.0 V, 最大 22.0 V
输出电压: 3.3 V, 输出电流: 2.0 A
环境温度: 30 °C

SIMPLE SWITCHER®
开始设计 ▶

德州仪器在线技术支持社区

www.deyisupport.com

中国产品信息中心 免费热线:

800-820-8682

TI新浪微博



weibo.com/tisemi

热门产品

DAC8760	用于 4-20mA 电流回路应用的单通道、16 位、可编程电流/电压输出 DAC
DAC7760	单通道、12 位可编程电流输出和电压输出 DAC
ADS1247	极低噪声、精密 24 位 模数转换器
ADS1120	具有串行外设接口的低功耗、低噪声、16 位 ADC
ISO7242	四通道 2/2 25Mbps 数字隔离器
ISO7631FM	4kV _{PK} 低功耗三通道、150Mbps 数字隔离器
TPS54062	4.7V 至 60V 输入、50mA 同步降压转换器
TLK105L	工业温度、单端口 10/100Mbps 以太网物理层
SN65HVD255	CAN 收发器具有快速循环次数, 可用于高度已加载网络

了解更多, 请搜索以下产品型号:

DAC8760



重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated