

应对智能手机设计中集成高速串行接口的 EMI 滤波及 ESD 保护挑战

近年来，智能手机已经成为整体手机市场中增长速度最快的领域。制造商要求智能手机提供更高的下载速度及更高的音频质量，同时外形尺寸还要尽量纤薄。他们要求智能手机的应用及接口能够支持占用带宽越来越高的功能，同时采用高分辨率摄像头(通常达 800 万像素或更高)、更高质量的显示屏(包括带 3D 功能的显示屏)、将手机连接至大尺寸显示屏的端口及高清视频接口等。

对于智能手机而言，在连接显示屏、摄像头及数据端口 I/O 的接口方面，正越来越多地通过串行接口标准提供差分信号。这些串行接口标准有如移动行业处理器接口(MIPI®)、通用串行总线(USB)、高清多媒体接口(HDMI)及移动高清连接(MHL)等，它们支持的数据传输速率比传统的并行接口高得多，而且减少线路数量、配合采用更高像素的摄像头及更高分辨率的显示屏，从而优化用户体验。此外，串行接口也支持更低工作电压，帮助减少耗电量及延长电池使用时间。

集成高速串行接口的挑战

虽然采用高速串行接口既支持高数据率，又满足当代智能手机设计的空间限制，但集成串行接口也会带来不少挑战。首当其冲的便是电磁干扰(EMI)挑战，因为多条射频及时钟线路与接口耦合，会产生串扰。其次，集成高速串行接口时，复杂的刚性及柔性电路板布线会影响串行接口性能。此外，需要提供高信号完整性；如果信号完整性较差，会导致手机通话掉线、数据传输中断及用户体验较差。当然，如今智能手机中也在使用采用更精微几何尺寸工艺制造的芯片组，而这些芯片组更易于在发生静电放电(ESD)事件时遭受损伤。

现有 EMI 抑制方法及问题所在

由于在智能手机设计中集成高速串行接口存在上述挑战，设计人员就需要采取适当的 EMI 抑制及 ESD 保护方案。我们先来审视 EMI 抑制问题。

实际上，对于高速串行接口而言，差分信号已经成为其事实标准。与使用单端信号的相同接口相比，差分信号提供更强的噪声抑制。图 1 左侧中接收器作为基本的差分放大器，显示了差分信号的基本优势。由于两路差分信号呈 180° 异相，反相信号又被差分放大器反相后，两路差分信号在放大器输出端累加。图 1 右侧显示的是差分放大器输入相同的信号。它们称作共模信号，因为接收器的两路输入信号相同。这类信号可能是手机功率放大器与数据线路通过对线路直接辐射或对地耦合而产生的耦合导致的射频(RF)干扰造成的。这时差分放大器将消减共模信号，如图所示。

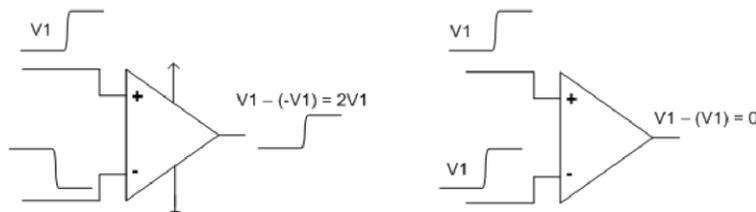


图 1: 差分信号示意图。

无源共模滤波器通过变压器耦合电感的动作提供类似的共模及差模特性，如图 2 所示。在图左侧，输入电流波形呈 180° 异相，用于传输差分信号。此电流与另一个线圈的感应电流

同相,故仅会这线圈的串联阻抗削弱。图右侧显示的是耦合电感输入的共模或同相电流波形。

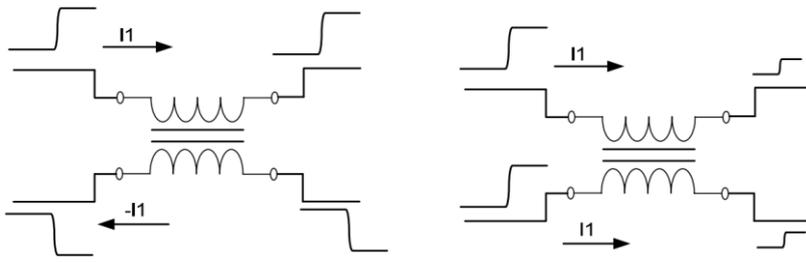


图 2: 共模滤波(180°异相及同相)

上述使用共模滤波器(CMF)的无源滤波就是一种现有的 EMI 抑制方法,使高速差分信号能够通过滤波器,而不会影响信号完整性。差分信号衍生的共模噪声得到衰减,防止噪声与智能手机和无线网络之间的数据及语音通信产生干扰。对于移动手持设备而言,滤除蜂窝射频工作频率的共模噪声尤为重要,因为共模电流的辐射场强度会随着频率而线性增加。因此,如果没有恰当滤除共模噪声,手机中易受高频噪声影响的任何传输线路都可能是电磁干扰源。这种无源共模滤波方法明显减轻了干扰程度,而且对信号完整性不会有重大影响,而这对智能手机的普及尤为重要。

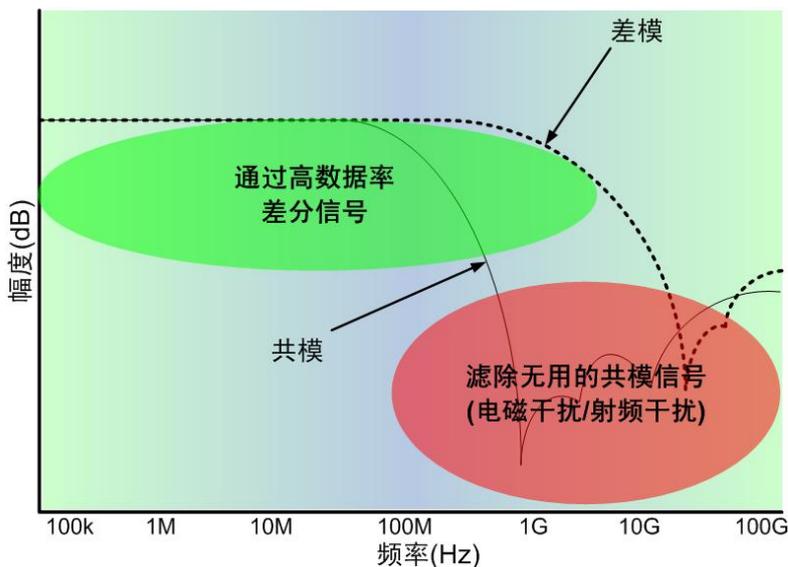


图 3: 共模滤波

但对无源共模滤波方案而言,还是会滋生问题信号完整性。基于铁氧体及陶瓷的方案拥有相当浅的共模噪声衰减曲线,并不能强效地抑制 700 MHz 至 2,500 MHz 蜂窝射频频段的噪声。不仅如此,基于铁氧体的共模滤波器会衰减低频噪声,但在较高频率时衰减噪声能力会退化,造成蜂窝射频频段的噪声污染。其次,还有机械强固性问题。基于铁氧体及陶瓷的方案构造及封装会使用铁氧体或低温共烧陶瓷(LTCC)作为构建线圈的衬底。基于较大铁氧体及陶瓷构建的方案性能最佳,但会占用大部分的电路板面积。基于较小铁氧体的方案衰减的共模噪声较少。此外,某些基于陶瓷或铁氧体的方案并未在其共模滤波器阵列中集成 ESD 保护功能,或者使用的是基于压敏电阻的保护方案,不能完好地保护接口及基带或应用处理器。

差分信号通常出现在多对线路中。以 HDMI 信号为例,有 4 条数据通道,表示有 4 对共模滤波器。MIPI 差分信号、相机串行接口(CSI)及显示屏串行接口(DSI)要求最少 2 对差分信号

(1 对用于传输数据，1 对传输数据接口的时钟信号)。

基于铁氧体或陶瓷的共模滤波器方案通过提供更大的 LTCC 衬底及将多对共模滤波器置于一起，解决了多对线路的共模滤波问题。增大衬底能够适应并排多个共模滤波器的需要，但也会带来机械强固性问题。铁氧体及 LTCC 衬底易碎，发生偶然坠落等事件时，可能遭受毁灭性损坏。铁氧体或 LTCC 衬底也可能会出现破裂，损坏共模滤波器结构的核心，致使元件不能用于 EMI 抑制或 ESD 滤波。

传统共模滤波器在商业温度范围内(特别是在+85°C时)也会出现性能问题。温度升高时，铁芯饱和，阻抗增加，滤波性能发生变化。而在功率放大器工作及无线设备在蜂窝系统中通信时，智能手机内部温度可能高达+85°C。

基于铁芯或陶瓷衬底的传统共模滤波器的尺寸相对较大，目的单一(即共模滤波)。它们抑制 EMI，但从节省空间或成本的角度而言，并不高效，而且不足以解决 ESD 保护问题，而 ESD 保护是使用最新基带及应用处理器的智能手机的一项关键问题。这些器件的性价比、电路板空间/性能比并不具备吸引力。

集成 EMI 抑制及 ESD 保护的途径

如果智能手机持续演进，传统共模滤波器就会成为束缚，这些产品的复杂度及能够支持的功能就会存在局限。但有利的是，业界开发出了创新的半导体技术，使手机制造商能够提供丰富功能的智能手机。硅滤波器的出现，能够帮助智能手机设计持续进步。安森美半导体先意识到了从并行接口到串行接口的过渡，开发出了集成 EMI 抑制及 ESD 保护的串行接口硅方案产品线。安森美半导体运用为低通滤波器产品开发的构建铜铝(copper over aluminum)电感工艺中获得的专知，扩展了这种工艺，创建出嵌入在硅衬底中的共模滤波器线圈，能够有效地抑制共模噪声，同时对差分信令的影响甚微，使差分信号事实上顺畅无阴地通过。

将不同的单独裸片共同封装在一起，能够为智能手机设计团队提供一种总体方案，提供强固的噪声抑制及 ESD 保护能力，适用于最流行的接口，如 USB、MIPI、DSI、CSI 及 HDMI 等。后续还会衍生出将这些共模滤波器结构构建在极低电容 ESD 保护结构上的新方案，进一步提升集成度及简化制造流程。

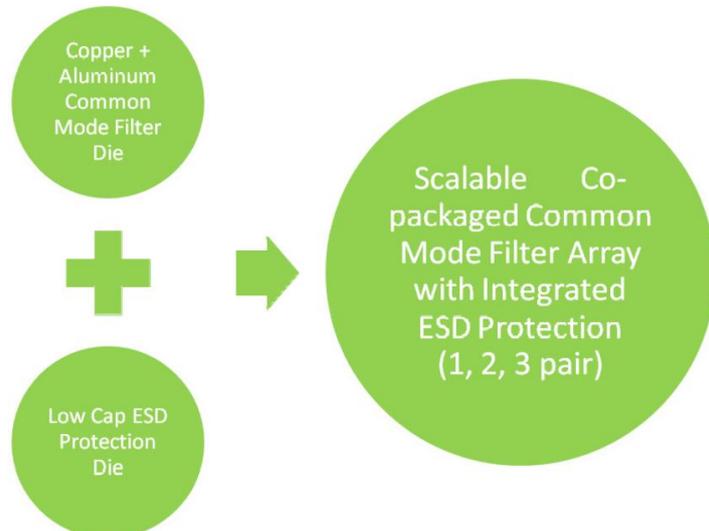


图 4：硅共模滤波器制造流程

安森美半导体身为应用于高能效电子产品的首要高性能硅方案供应商，为了应对智能手机等便携设备高速串行接口的 EMI 抑制及 ESD 保护需求，推出了集成了 ESD 保护的 EMI2121、EMI4182 及 EMI4183 等新的硅共模滤波器，用于抑制噪声及提供高信号完整性，除了适合智能手机，还可用于平板电脑、无线连接底座、数码摄像机及机顶盒和 DVD 播放机等应用。这些新的共模滤波器不同于传统的 EMI 滤波器，乃是基于硅片制造，更适合以更深度及更高频率抑制 EMI，非基于陶瓷或铁氧体的方案可比。这些集成 ESD 保护及 EMI 抑制功能的新器件，比竞争方案节省空间多达 50%，从而可以可观的节省物料单(BOM)，且为无线手机设计人员提供了整体(turnkey)解决方案。

EMI2121 是单对共模滤波器，EMI4182 是双对共模滤波器，EMI4183 是三对共模滤波器，全都提供 500 MHz 时典型值 15 dB 的共模抑制，及 500 MHz 时典型值仅 1.0 dB 的插入损耗。它们的高差模带宽截止频率确保高度的信号完整性。这些器件提供集成的 ESD 保护，符合 IEC61000-4-2 标准 15 kV 峰值放电的保护要求。它们提供-40℃至+85℃的工作温度范围，每款器件都提供 32 V 钳位电压，通常优于现有陶瓷方案最少 30 倍。

器件型号	MIPI 相机接口	MIPI 显示屏接口	HDMI 源接口	USB 2.0 接口
EMI4182	1 对数据线路， 1 对时钟线路 (低分辨率)	1 对数据线路， 1 对时钟线路 (低分辨率)	2 颗 EMI4182 应 对 8 路 TMDS	N/A
EMI4183	2 对数据线路， 1 对时钟线路 (高分辨率)	2 对数据线路， 1 对时钟线路 (高分辨率)	N/A	N/A
EMI2121	N/A	N/A	N/A	1 对地址 D+, D-

表 1: 安森美半导体硅共模滤波器

值得一提，将 ESD 保护构建在共模滤波器衬底中并不会明显降低信号完整性等级，能够针对重复出现的 ESD 事件提供保护。这些更高集成度器件的占位面积比基于传统线圈的共模滤波器(在 500 MHz 及 3 GHz 截止频率时共模抑制比为 15 dB)小，性能相当，但覆盖的噪声抑制频率范围要大多得。这些硅共模滤波器的关键特性包括智能手机手机通信频率范围的宽带衰减。设计人员在始于 700 MHz 的频率能够获得-25 dB 的共模衰减，而这是 LTE 及 4G 通信的重要频率。

此外，这些硅共模滤波器的 ESD 保护动作非常快，能够提供±15 kV 接触放电的 ESD 保护，优于反应动作更慢的压敏电阻 ESD 保护方案。压敏电阻较慢的响应时间会使接口的电压更高，可能损坏 ESD 器件旨在保护的产品。在 0.5 mm 间距的塑料封装中，这些硅共模滤波器与最流行的接口标准兼容及匹配，能够通过 HDMI 1080p 24 位全彩色信号，而不会损及信号质量。



图 5: 安森美半导体 EMI4182 硅共模滤波器在 HDMI 1.4 环境下的信号完整性演示。

总结:

智能手机中的高带宽应用越来越多,而且手机设计中也在使用尺寸更大、分辨率更高的显示屏,从而带来数据传输方面的挑战。使用现有传输技术会导致并行数据线路数量增多,但无法满足空间限制,因为消费者仍然想要纤薄小巧的手机设计。这就驱使数据传输从并行线路转向串行线路,但同时为设计工程师在解决电磁干扰(EMI)问题上增添了许多挑战。有利的是,安森美半导体推出了集成共模 EMI 滤波和 ESD 保护的系列高集成度 IC,如 EMI2121、EMI4182 及 EMI4183 等。与基于铁氧体或陶瓷的共模滤波器相比,这种高集成 IC 在无线频谱范围内为手机频率提供更深的衰减曲线,配合智能手机及数码相机等应用的高带宽连接需求,同时提升系统可靠性、减少元件数量及降低成本。

供稿: 安森美半导体