

TI SDI 传输方案

Wayne Liu

Analog

摘要

由于 SDI 的高清晰度、传输实时性等优势，最初应用于专业视频广播领域，近年来正越来越多的被安防领域所采用。但由于 SDI 的数据传输数据率高，存储数据量大等特性，对部分原来采用 IP 网络高清监控方案的安防从业者而言，在设计、应用等方面还存在一定的难度。为了帮助读者更全面地了解和设计 SDI，本文介绍了如何选择适当的 SDI 信号链器件，如何设计高性能的 SDI 信号链，介绍了均衡器、电缆驱动器、重定时器的基本工作原理，PCB 布板和电源设计的建议以及 TI 在 SDI 领域的具体方案。

目录

1	SDI 简介	1
2	SDI 器件的工作原理和 TI 相关产品简介	2
3	PCB 布板建议	5
4	电源设计建议	6
5	总结	7
6	参考文献	7

1. SDI 简介

SDI，串行数字接口，是用来传输标清、高清、3G 高清等无压缩数字视频信号的一个标准，当前最流行的 SDI 视频格式如表 1 所示。由于 SDI 具有高清特性，时延小，还可以重复利用已布网的模拟视频电缆等优势，正逐渐地被安防、监控等领域广泛采用。目前市面上 SDI 相关设备主要是 SDI 延长器、分配器、矩阵、多画面分割、编解码器、SDI 光端机、DVR 等。

Video quality	Standard	Data rate	Aspect ratio	Video resolution
SD	SMPTE259M DVB-ASI	270Mbps	4:3	480i (525i) 576i (625i)
HD	SMPTE292M	1.485Gbps 1.483Gbps	16:9	720p 1080i 1080p
3G-SDI	SMPTE424M	2.97Gbps	16:9	1080p

表 1 常用的 SDI 视频标准

相对于传统的 IP 监控网络，SDI 的优势是非常明显的：

- 在图像清晰度上 SDI 有无可比拟的优势

高清不仅仅意味着高的分辨率，还必须在超宽动态、白平衡、信噪比、亮度、对比度、锐利度等方面有优秀的表现。IP网络监控视频由于经过编码压缩，在上述图像质量、图像细节等方面都远不及无压缩的SDI。

- SDI传输实时性强
SDI信号的传输不经过压缩环节，没有处理时延；不经过IP网络，不受网络时延的影响。
- 从模拟监控系统升级至SDI可以重复利用已有的布线系统
SDI也是采用同轴75欧姆的电缆和BNC接口，可以方便快捷的从传统的模拟监控系统升级至SDI，而无需像IP网络那样须重新布置网络，这种特性在模拟监控系统的升级改造中具有巨大的优势，因为施工改造IP网络对很多建筑而言是不允许的。

另一方面，SDI也有缺点，比如现阶段成本较高，数据存储量大，远距离传输设计难度较大等，但随着SDI被市场逐渐地广泛采用，上述缺点都会逐渐弱化。

2. SDI 器件的工作原理及 TI 相关产品简介

图 1 是一个典型的 SDI 输入、输出和处理的应用框图，TI 能够提供相应的全套 SDI 传输方案，它们分别是均衡器、线缆驱动器、重定时器、交叉开关矩阵、视频时钟、显示驱动、存储驱动和电源。

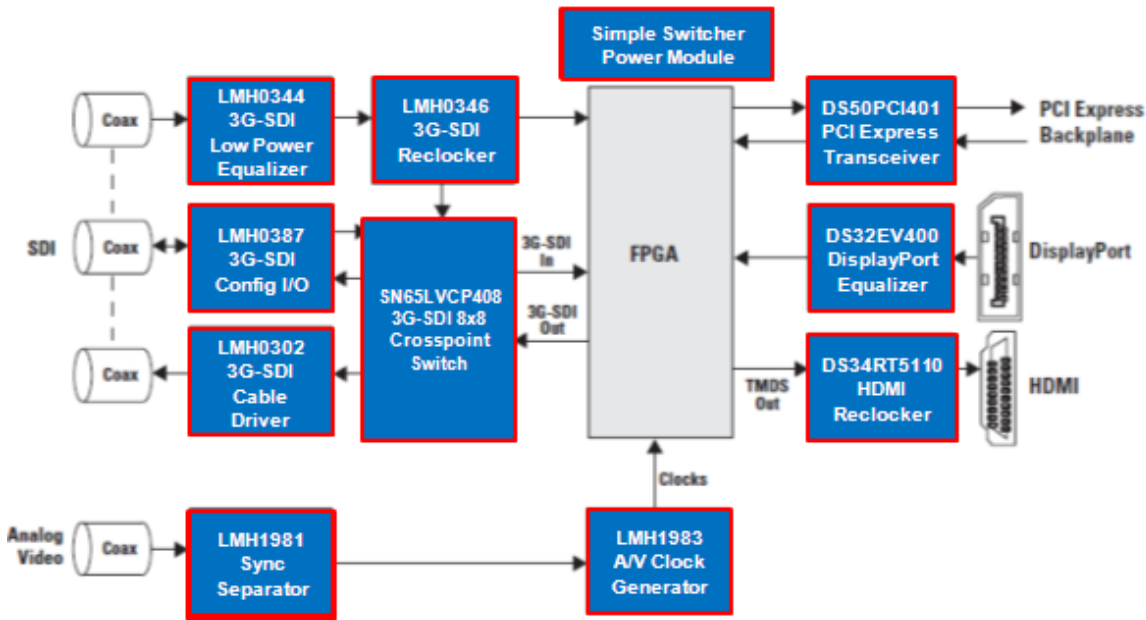
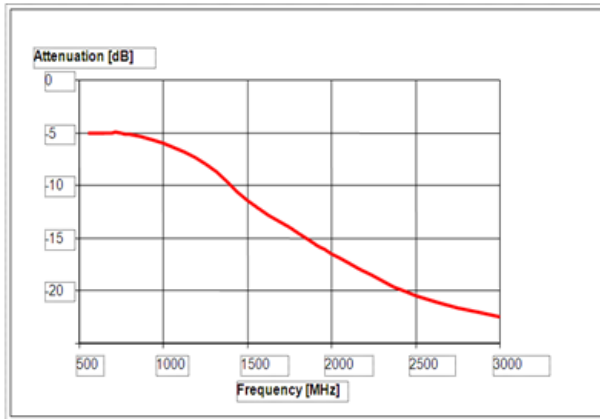


图 1 典型的 SDI 应用

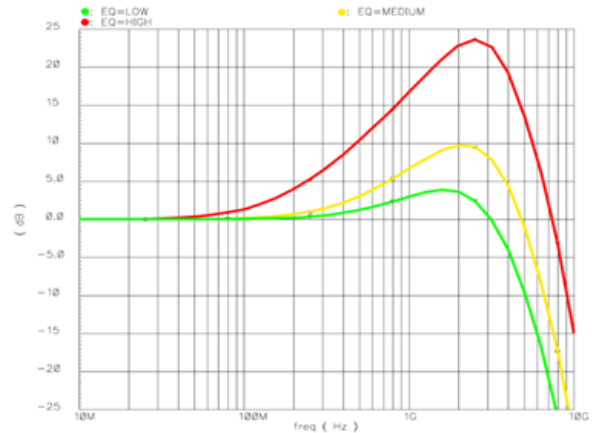
❖ 均衡器

信号的高频成分经过 PCB 走线或者电缆传输后相对于信号的低频成分会被衰减得更多，此现象被称为趋肤效应，它会破坏高速信号的信号完整性，使其眼图关闭并增加信号抖动。为了补偿趋肤效应，人们发明了均衡器、预加重器、去加重器来补偿传输线频率响应的不平坦性。图 2 是一种传输线和均衡器的频率响应图，传输线模型在高频处会衰减得更多而均衡器在高频处有更高增益，将均衡器的高频增益设置成适当的值，传输线和均衡器串联后会形成在全频带内大致平坦的频率响应。

通常预加重器和去加重器用在高速数字信号传输的发射端，均衡器用在接收端，但在 SDI 链路中只在接收端采用均衡器，且一般是自适应均衡器，而在发射端不采用预加重或去加重，因为 SDI 设备间可能通过用户定义的任意长度的同轴电缆来连接，任意一个固定的均衡或者预/去加重值都无法灵活地满足各种电缆长度，且业内还没有自适应的预加重器和去加重器。另外，SDI 设备必须即插即用，不允许客户在应用现场手动设置合适的均衡值来得到最佳的电缆传输特性。因此只有自适应均衡器是理想方案，自适应均衡器可以自动检测信号质量而相应的设置最佳的均衡值而得到最佳的传输通道频率响应。



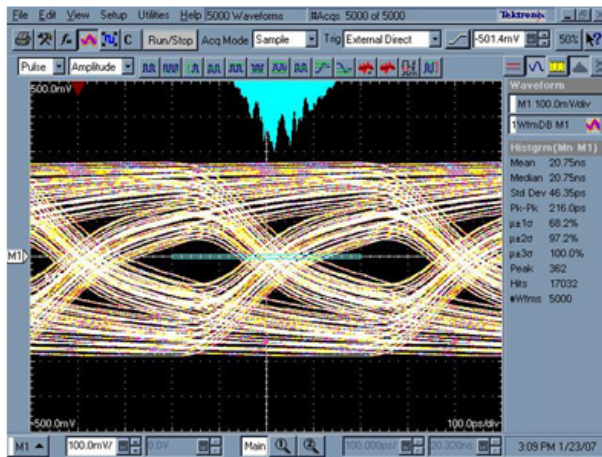
Transmission Line Frequency Response



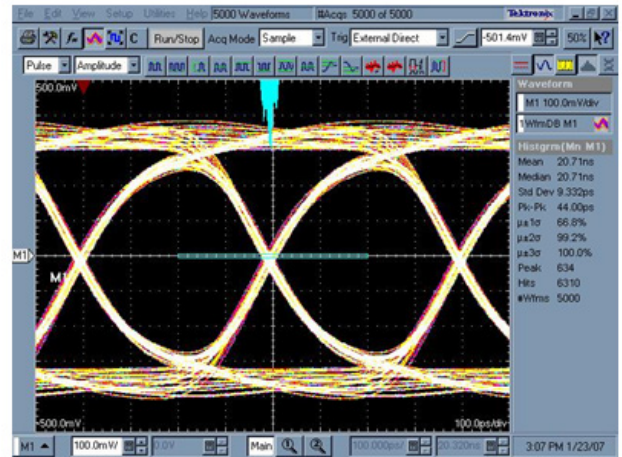
Equalizer Frequency Response

图 2 传输线和均衡器的频率响应

图 3 是均衡器的使用效果图，可以看出高速 SDI 信号经过一段电缆或者 PCB 走线后眼图和抖动性能被均衡器显著改善。



EQ OFF



EQ ON

图 3 均衡器的使用效果

TI 提供支持 SD、HD、3G SDI 全系列的均衡器，如表 2 所示。

Family	Equalizer	Description
3G/HD/SD	LMH0395	3G HD/SD SDI Dual Output Low Power Extended Reach Adaptive Cable Equalizer
	LMH0394	3G HD/SD SDI Low Power Extended Reach Adaptive Cable Equalizer
	LMH0384	3G HD/SD SDI Extended Reach and Configurable Adaptive Cable Equalizer
	LMH0344	3G HD/SD SDI Adaptive Cable Equalizer
HD	LMH0044	SMPTE 292M / 259M Adaptive Cable Equalizer
	LMH0034	SMPTE 292M / 259M Adaptive Cable Equalizer

SD	LMH0024	SMPTE 259M / 344M Adaptive Cable Equalizer
	LMH0074	SMPTE 259M / 344M Adaptive Cable Equalizer

表 2 均衡器

其中 LMH0394 是一款极高性能的均衡器，它的竞争性分析如图 4 所示，传输距离很长且功耗很低。

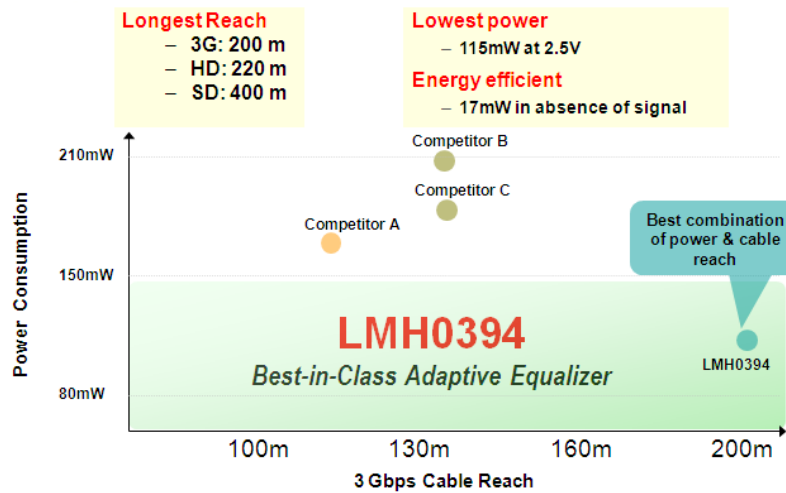
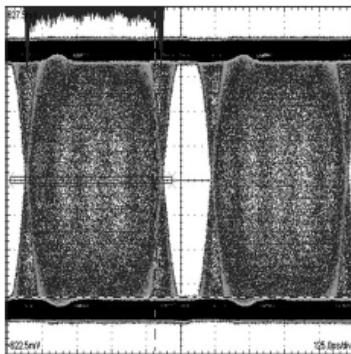


图 4 均衡器 LMH0394 竞争性分析

❖ 重定时器

SDI 重定时器是用来自动检测输入信号类型，调整自身的PLL和CDR电路而恢复和整形出低抖动的时钟，再重新定时发送出接收到的SDI信号，以降低SDI信号的抖动。虽然均衡器也可以降低SDI信号的抖动，但它和重定时器是两种完全不同的器件，两者不可相互替代。均衡器的作用是通过增加高频增益使传输通道频率响应趋于平坦来改善眼图和信号抖动，而重定时器则是通过PLL和CDR来抑制和降低累加噪声。如果SDI传输通道很长或者传输过程中被其他噪声和干扰恶化，仅有均衡器还不足以改善信号的质量，此时在均衡器输出端再串接一个重定时器是一个理想的提高SDI信号质量的方案。图5描述了重定时器的去抖效果，可见眼图和抖动被明显改善。

1.485 Gbps Signal Before Reclocking (0.75 UI Jitter)



1.485 Gbps Signal After Reclocking (0.05 UI Jitter)

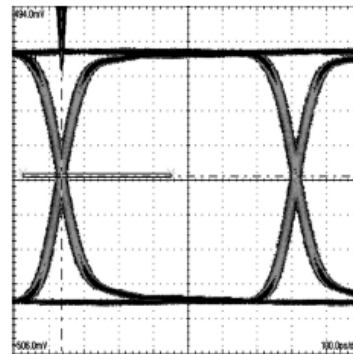


图 5 重定时器使用效果

TI 重定时器产品系列如表 3 所示。

Family	Reclocker	Description
3G/HD/SD	LMH0356	3Gbps HD/SD SDI Reclocker with 4:1 Input Mux and FR4 EQs
	LMH0346	3Gbps HD/SD SDI Reclocker with Dual Differential Outputs
HD	LMH0056	HD/SD SDI Reclocker with 4:1 Input Multiplexer
	LMH0046	HD/SD SDI Reclocker with Dual Differential Outputs
SD	LMH0036	SD SDI Reclocker with 4:1 Input Multiplexer
	LMH0026	SD SDI Reclocker with Dual Differential Outputs

表 3 重定时器系列
❖ 线缆驱动器

SDI 线缆驱动器用来加强对线缆的驱动能力，提供标准的 800mV 峰峰值输出电压摆幅，没有预加重和去加重功能。TI 的线缆驱动器系列如表 4 所示。

Family	Cable Driver	Description
3G/HD/SD	LMH0307	3Gbps HD/SD SDI Dual Output Cable Driver with Cable Detect
	LMH0303	3Gbps HD/SD SDI Cable Driver with Cable Detect
	LMH0302	3Gbps HD/SD SDI Cable Driver
HD	LMH0202	LMH0202 SMPTE 292M / 259M Serial Digital Cable Driver
	LMH0002	SMPTE 292M / 259M Serial Digital Cable Driver
SD	LMH0001	SMPTE 259M / 344M Serial Digital Cable Driver

表 4 线缆驱动器
3. PCB 布板建议

SDI 信号比特率最高至 2.97Gbps，因此 SDI 的信号路径必须严格按照高频电路的设计方法处理，否则无法得到高质量的传输性能。SMPTE 协会也定制了关于 SDI 信号回损的指标要求，如图 6 所示。为了满足这个指标，我们必须精细地设计整个 SDI 传输路径以保证阻抗的连续性，尤其在 BNC 连接器的选择、线缆的选择、PCB 布局、原理图设计、合适的 SDI 器件选择上需特别注意。

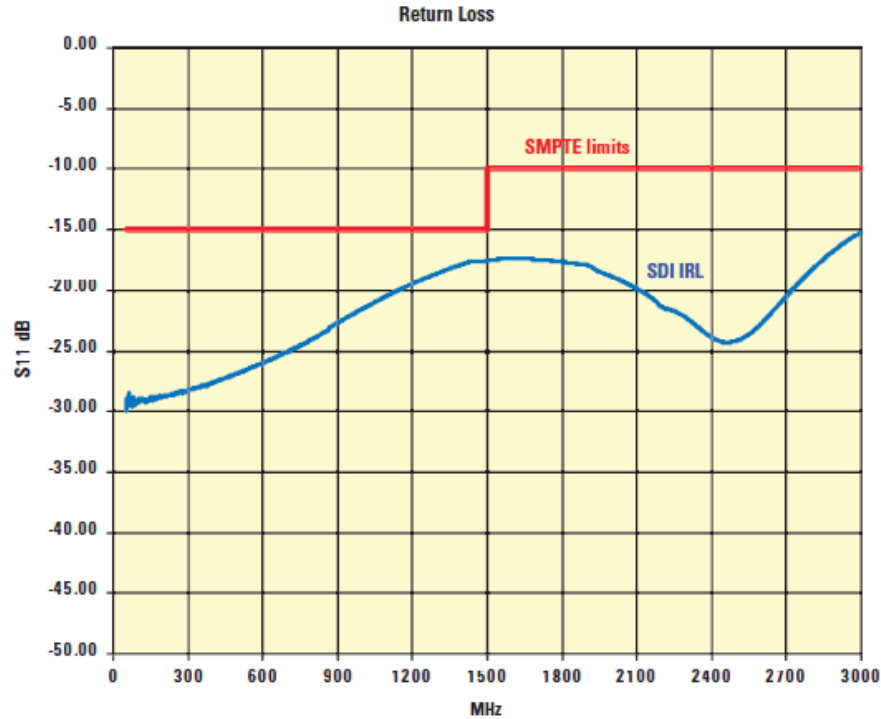


图 6 SMPTE 规定的回损指标

现实中，由于端口间阻抗的不匹配，任何输入输出信号都会被输入或者输出端反射一部分，反射波会与正向波叠加而恶化正向波形，因此我们必须设计好整个链路的阻抗匹配以降低反射，在高速信号中尤为重要。

回波损耗 (Return Loss) 或者 S_{11}/S_{22} (S 参数) 是用来定义回波损耗大小的指标，其中 S_{11}/S_{22} 是反射功率与正向功率的比值，它们与输入输出阻抗的对应关系如下，

$$S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}, \quad S_{22} = \frac{Z_{out} - Z_0}{Z_{out} + Z_0}$$

回波损耗与 S_{11} 的关系如下，

$$RL = -20 \log |S_{11}|$$

其中 Z_0 是传输线的特征阻抗。

从公式中可以看出回波损耗完全由输入输出阻抗与传输线特征阻抗是否匹配决定。除了要使用正确的匹配元器件值，高质量的 PCB 走线对阻抗匹配也至关重要，因为信号走线上寄生的电感电容会影响阻抗，不适当的过孔、拐弯、线宽等都会影响走线阻抗。

一些基本的高速信号 PCB 布线原则列举如下：

- ❖ 采用高质量的 BNC 接头
低质量的 BNC 接头的阻抗可能与要求的 75 欧姆相差甚远
- ❖ 微带线的设计和制造必须保证高精度
微带线的阻抗与线宽和 PCB 制造工艺直接相关
- ❖ SDI 信号线应尽可能的短且直
短线有更少的寄生电感电容值，对抗阻的影响更低，且长度相对于信号波长越短，反射波对正向波的影响越低
弯曲的走线有不连续的宽度，导致不连续的阻抗，从而导致反射
- ❖ 匹配电路采用高 Q 值的射频电感电容
普通电感电容在高频下的感值或者容值与标称值相差甚远，导致实际阻抗与标称阻抗相差甚远
- ❖ 匹配元器件尽可能的靠近 IC 管脚

❖ 不要有过孔

4. 电源设计建议

SDI 对眼图、抖动、噪声等有严格的要求，低噪声低纹波的电源设计方案对 SDI 信号链路非常重要。图 7 是一个典型的线缆驱动器的应用原理图，可以看出电源 V_{CC} 是通过一个 75 欧姆的电阻与输出端直接相连的，因此电源上任何的噪声和纹波都会直接耦合到输出信号端。 SMPTE 规范了输出电压幅度典型值是 800mV，一个 3G SDI 经过 200 米的电缆传输后最多可以被衰减 50dB，而低频的电源噪声和纹波在经过长电缆以后几乎没有衰减，这意味着 SDI 信号幅度在经过电缆传输以后可以低至几 mV，这与电源噪声和纹波已非常接近，此时电源将大大恶化 SDI 的信噪比。因此，电源噪声和纹波必须很低，建议采用低噪声的 LDO（如 TI 的 LP3878）给所有 SDI 器件供电，而不是直接采用 DC/DC。

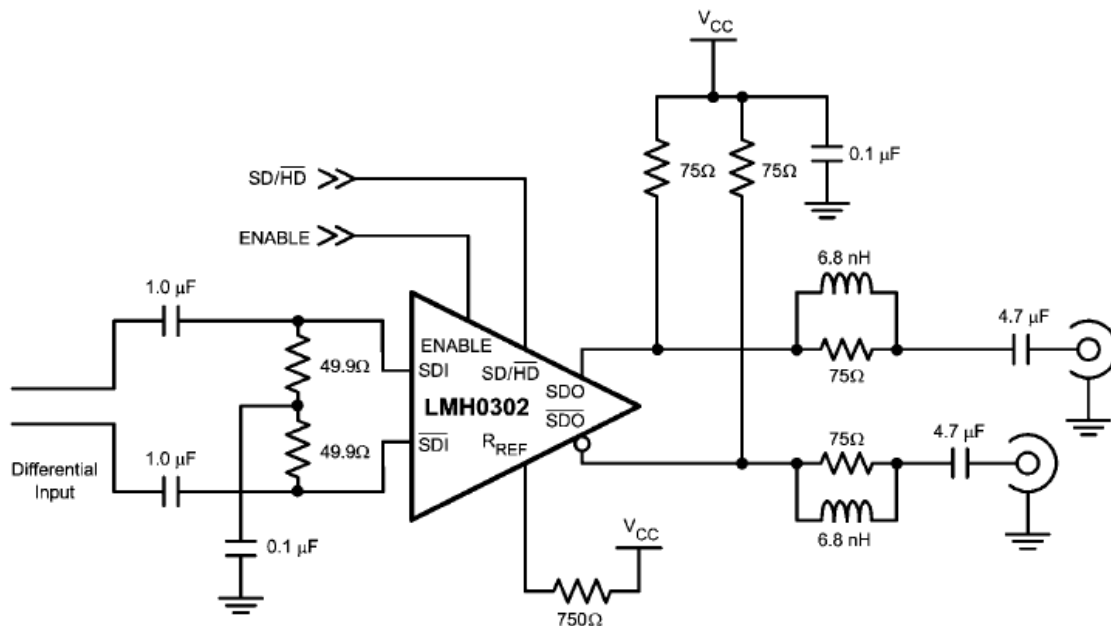


图 7 SDI 器件对电源的要求

5. 总结

SDI 由于具有高清晰度，传输时延小，升级改造原有模拟视频监控网络容易等巨大优势正越来越被安防市场认可并采用，国内外主流的安防设备厂商都已经有了非常成熟的从摄像头前端、中继、切换、分发、后端图像处理、识别、存储等环节的全套 SDI 解决方案，并已成功应用于银行、交通、平安城市等各行各业，SDI 替换部分 IP 监控网络和模拟视频监控网络是大势所趋。

TI 在 SDI 技术应用之初就为客户提供了优秀丰富的全套 SDI 传输方案，并得到市场的广泛认可。我们在深刻理解了 SDI 相关器件的工作原理，正确地选择合适的 SDI 器件，合理地 PCB 布线和电源设计，依托 TI 强劲的产品和技术支持，就可以设计出高质量的 SDI 产品。

6. 参考文献

1. Zhang Keqian, Li Dejie, Electromagnetic Theory in Microwaves and Optoelectronics
2. LMH0346 datasheet, Literature number [SNLS248I](#)
3. LMH0302 datasheet, Literature number [SNLS247F](#)

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隐含权限制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, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 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, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件, 此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用于汽车用途; 如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品, 则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

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/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/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

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司