

数字图像压缩系统的信号完整性分析

Signal Integrity analysis of Image Compression

(1.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所;

2.中国科学院 研究生院;3.长春理工大学) 杨成禹^{1,2,3} 隋玉萍^{1,2} 魏仲慧¹ 何 昕¹

YANG Cheng-yu SUI Yu-ping WEI Zhong-hui HE Xin

摘要: 针对 TI 高性能 DSP TMS320C6414 为核心处理器的实时数字图像压缩系统,进行了高速电路设计,分析了多层高速印刷电路板设计中影响信号完整性和实时压缩系统正常工作的相关问题。运用 hyperlynx 软件,解决了信号的反射、振铃和串扰等问题。并给出了设计印刷电路的具体参数,有效地抑制了实时数字图像压缩系统中的电磁干扰。

关键词: 印刷电路板; 高速电路; 电磁兼容性; 图像压缩; 信号完整性

中图分类号: TP258

文献标识码: A

Abstract: the signal integrality and reliability are analyzed in high-speed multilayer PCB design of real-time digital image compression. In which high performance DSP TMS320C6414 of Texas Instruments was used to complete the digital image compression algorithm. The problems of signal integrality are described. The problems of line reflection, ringing, cross talk and electromagnetic interference were solved by using simulator Hyperlynx. The concrete measures were put forward to prevent and restrain the electro-magnetic interference in high-speed multilayer PCB design of real-time digital image compression.

Key words: PCB; high-speed circuit; electro-magnetic compatibility; image compression; Signal Integrity

1 引言

随着半导体制造工艺的发展和计算机体系结构等方面的改进,运用数字信号处理器进行图像的压缩处理已经成为实时数字图像压缩处理的主要手段。TI 发布的 C64xx 内核,主频 1.1GHz,处理速度接近 9000MIPS,总体性能比 C62xx 提高了 10~15 倍。其中 C6416 在 600MHz 主频下,只利用 50% 的运算能力就可以同时进行单通道 MPEG-4 视频编码、单通道 MPEG-4 视频解码和单通道 MPEG-2 视频编码的处理。由于其优良的性能,故经常被用于要求实时性的信号处理系统中。

印刷电路板 (PCB) 是实时数字图像压缩系统工作的平台,提供电路元件和器件之间的电气连接,其性能直接关系到电子设备质量的好坏。因为数字图像的数据量巨大、系统工作速度越来越快,所以高速引起的电磁兼容性和信号完整性(包括反射、振铃、地弹和串扰等)问题应该在设计过程中被充分重视。实际上,处理高速数字系统的振铃和串扰问题一直是一个令人头疼的问题。其中,如果过冲和欠冲严重可使设备超载并引起损坏甚至失效。

本文选择 TI 公司的 TMS320C6416 芯片对实时数字图像压缩系统进行了设计,同时针对压缩系统的 PCB 信号完整性等相关问题进行了研究。

2 信号完整性理论

信号完整性(Signal Integrity)简称 SI,指信号在信号线上的质量,是信号在电路中能以正确的时序和电压做出响应的能力。

影响信号完整性的主要问题包括:延迟、反射、振荡、地弹、串扰等。信号的不完整性是板级设计中多种因素共同引起的。

如果负载与传输线不匹配,电压波形将被反射回源端。这个反射电压的值为

$$V_r = V_o \left(\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \right) \quad (1)$$

其中: V_r = 反射电压, V_o = 源电压, Z_L = 负载阻抗, Z_0 = 传输线特征阻抗。

由公式(1)可以得出电压反射系数:

$$\rho_L = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) \quad (2)$$

由公式(2)可以看出电压反射系数大于等于-1 小于等于+1,如果 $Z_L = Z_0$ 就不会发生反射。也就是说只要传输线的特征阻抗进行终端匹配,就能消除反射。当电压反射系数小于零,处于过阻尼状态,反射波极性为负;当电压反射系数大于零,处于欠阻尼状态,反射波为正。

传输线的长度符合下式的条件应使用端接技术:

$$L > \frac{t_r}{2t_{pd}} \quad (3)$$

式中, L 为传输线线长, t_r 为源端信号的上升时间, t_{pd} 为传输线上每单位长度的负载传输延迟。

传输线端接通常采用两种策略:并行端接和串行端接。

串扰是指当信号在传输线上传播时,因电磁耦合对相邻的传输线产生不期望的电压噪声干扰。过大的串扰可能引起电路的误触发,导致系统无法正常工作。

用源和受干扰电路表示的串扰可以表示如下:

$$X_{\text{talk}} = 20 \log \frac{V_{\text{victim}}}{V_{\text{source}}} \quad (4)$$

其中: V_{victim} = 受害线的电压, V_{source} = 入侵线的电压。

3 实时数字图像压缩系统

该实时数字图像压缩系统包括输入接口、压缩模块和输出接口三个部分,如图 1 所示。输入接口采用 Camera-Link 接口,输出接口采用 PCI 总线接口。压缩模块采用美国 TI 公司的数

杨成禹:讲师 博士研究生

字信号处理器 TMS320C6416 和现场可编程逻辑器件 FPGA 实现。TMS320C6416 芯片采用 BGA 封装总共有 532 个引脚,存储器采用 MT48LC1M16A1S 芯片,由 FPGA 实现系统的时序控制。

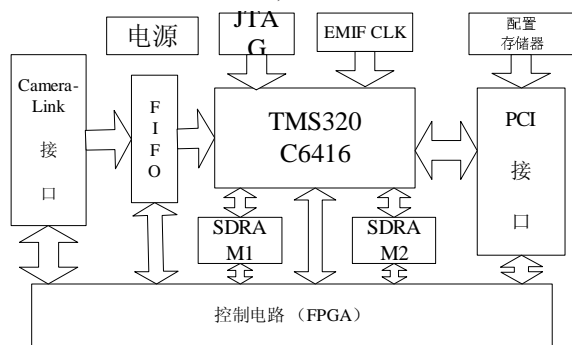


图1 压缩系统硬件组成示意图

图像的数据输入频率为 100MHz,采用提升小波及编码进行数字图像的无损压缩,压缩比为 1.5~2 (压缩比与使用的图像有关)。可以算出输入频率为 100MHz 时,输出频率为 50~67MHz。本文对实时压缩系统的关键信号进行了仿真分析,包括在较高频率下的信号完整性,总线间的信号串扰和电磁兼容性分析。

硬件电路由四层印刷电路板做为实时压缩系统的载体(采用 FR-4 材料,介电常数为 4.5),印刷电路板的结构依次为:信号层 1(1.4mil),电源层(2.1mil),地层(2.1mil),信号层 2(1.4mil)。利用 hyperlynx 软件平台,使用 LineSim 进行布线前仿真,提供布线约束,根据布线约束进行布线,采用 BoardSim 进行交互式仿真,完成印刷电路板的设计,解决实时压缩系统的关键信号

4 系统的关键信号分析:

4.1 对 EMIF CLK 信号的完整性分析:

压缩系统的时钟信号有两个:一个是 DSP 的内核时钟,另外一个为 EMIF CLK 信号,其中 EMIF 信号的频率较高,本文以 EMIF CLK 信号为例进行分析。DSP 的内核时钟可以按照类似的方式进行设计。

系统中 EMIF CLK 信号通过 MK1711-01 提供,外接晶振为 20MHz,芯片的 S0,S2 接低电平;S1 接高电平,可获得 133MHz 的 EMIFCLK 信号,此信号接 TMS320C6416 的第 A11 和 H25 引脚,当走线宽度为 6mil,长度为 1.83inch 时,EMIF CLK 的波形如下:

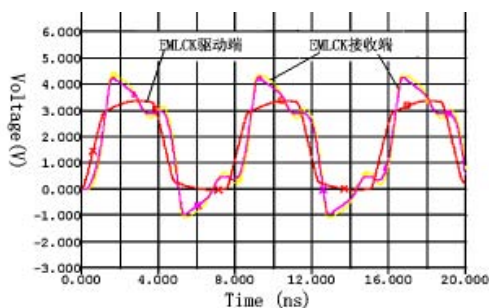


图2 EMIF CLK 信号原始波形

从图2可以看出:EMIF CLK 信号的波形有很大的上冲,幅值高达 1V。其中 A11 引脚信号的幅值略高于 H25 引脚信号的幅值,这是由于时钟信号到达 A11 和 H25 的走线长度不同造

成的。这样的系统容易引起信号的误触发,同时很难正常工作的。必须进行信号波形的调整。

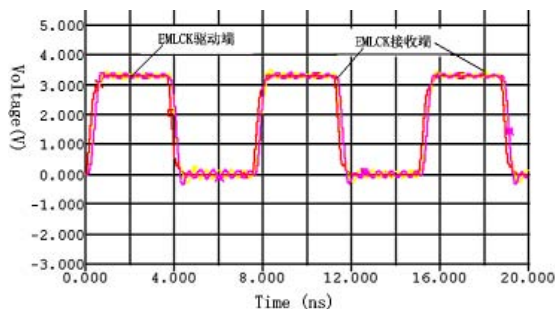


图3 EMIF CLK 信号的最终波形

由图3可以看出通过减少时钟信号到 A11 和 H25 引脚的走线长度并增大走线宽度来减小信号的上冲,设定走线宽度为 12mil,长度为 0.49inch,并且使时钟信号到达 H25 和 A11 的走线长度相同。同时采用平衡电阻,信号的振铃噪声大大地被削弱,虽然在高低电平时还有一些小扰动,但是扰动的幅值在 200mV 左右波动,对系统来说不会产生不良的影响。

4.2 信号间的串扰分析

下面以实时数字图像压缩系统的 100MHz 数据总线为例进行分析信号的完整性及信号间的串扰问题。为了满足系统的稳定性,系统串扰量要求小于 200mV。对于系统中 67MHz 总线的设计与此类似。

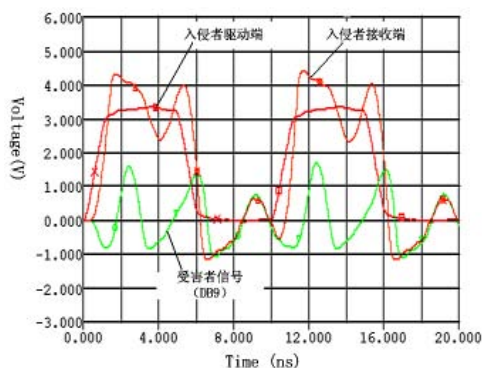


图4 总线串扰的信号波形

系统中 TMS320C6416 芯片为 BGA 封装,同一行或列,两管脚之间的中心距为 0.8mm,管脚间距较小,其中数据总线的 DB05,DB09,DB13,DB01,DB00 分别对应于 TMS320C6416 芯片的 A22,A21,A20,A23,A24 到 MT48LC1M16A1S 芯片的 9,40,46,3,2 管脚的连线。走线宽度为 6mil,线间距为 6mil。根据串扰的概念,数据线 DB09 为受害者,其余数据线 DB05, DB13, DB01,DB00 为入侵者,其中影响最主要的为 DB05 和 DB13。

图4中显示了 U1.A20,U2.46 和串扰的曲线,可以看出当 DB09 的输出驱动端保持低电平时,DB09 的接收端的串扰噪声幅值达 2V 多,串扰非常严重。在 DB05 和 DB13(入侵者)的接收端,信号的上冲,振铃等效应也比较严重。这些因素会导致信号的误触发,使实时数字图像压缩系统难以正常工作。

对于传输线来说,信号层与参考层之间是用电介质填充的。当电介质变厚时,传输线特性阻抗变大,电介质变薄时,传输线特性阻抗变小。

为了使串扰小于 200mV,首先改善数据总线的信号完整性,在每条数据线上分别加 AC 端接,以改善信号的波形,然后

加大走线间距,但增大走线间距方法会占用印刷电路板更多的面积,可能会使布线更加困难。综合数字图像压缩系统的实际布线条件,本文使走线间距增到 12mil,同时减小层间距至 6mil。

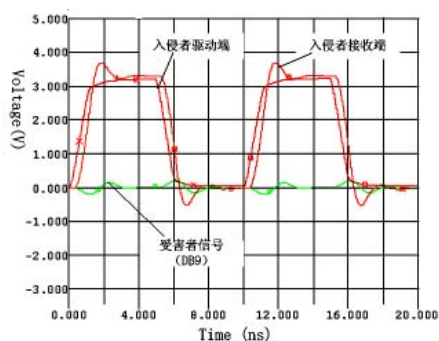


图 5 处理后总线串扰的信号波形

从图 5 中可以看出:对于 DB09 上的串扰,已经达到了设计要求(小于 200mv),并且信号接收端的反射得到较好的改善。

5 结论

本文作者创新点:本文对实时数字图像压缩系统的关键信号的完整性和电磁兼容性进行了分析,包括系统的总线和频率较高的信号线,并给出了系统布线时的具体参数,得到了理想的信号处理效果。运用 hyperlynx 软件,解决了数字图像压缩系统中的信号反射、振铃和串扰等问题。在满足实时的前提下,使信号的噪声限制在了阈值之下,相对传统的布线方法,提高了系统的可靠性,降低了调试工作的复杂性。

参考文献

- [1]付翊华,梅顺良.基于信号完整性仿真分析的传输电路板的设计[J].微计算机信息,2006,9-1:229-231,39.
- [2]李芳慧.TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003
- [3]Mark L.Montrose 刘元安 译.电磁兼容和印刷电路板 理论、设计和布线[M].北京:人民邮电出版社,2002
- [4]王昕,汪至中.高速电路设计中的终端匹配技术[J].北方交通大学学报,2002,26(4):92-96
- [5]石章如.IBIS 模型的仿真研究与应用分析[J].电视技术,2005,27(5):9-12
- [6]李小平,黄卡玛,陈谊.高速电路中串扰问题的仿真及对策[J].电视技术,2005,(1):91-94

作者简介:杨成禹(1972-),男,讲师,吉林人。现为中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士研究生,从事数字图像压缩,电磁兼容以及信号检测的研究。何昕,男,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,研究员,博士生导师,主要研究方向:数字图像处理,电磁兼容和信号检测的研究。

Biography:YANG Cheng-yu(1972-), male, the Ph.D student in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. His research interests include digital image compression electromagnetic compatibility and Signal processing.

(130033 中国科学院 长春 长春光学精密机械与物理研究所) 杨成禹 隋玉萍 魏仲慧 何昕

(130033 中国科学院 研究生院)杨成禹 隋玉萍

(130033 长春理工大学)杨成禹

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics

Changchun 130033) YANG Cheng-yu SUI Yu-ping

WEI Zhong-hui HE Xin

通讯地址:(130022 长春理工大学光电工程学院 长春市卫星路 7089 号)杨成禹

(收稿日期:2008.10.23)(修稿日期:2008.11.18)

(上接第 286 页)

参考文献

- [1]代坤,天基综合信息网的体系结构模型[J].微电子学与计算机,2004,21,4.
- [2]余旭东,未来战场无人机作战使用十大方式[J].国防科技.2005.3
- [3]扬斌,无人机组网及网络信息共享研究[R].南京航空航天大学硕士学位论文,2004.3
- [4]吴振纲,陈虎.PLC 的人机接口与编程[J].微计算机信息,2005,8-1:21-23.

作者简介:郭健 1974.8-),男(汉族),北京人,硕士生,研究方向:图像处理;周学军(1964.4-),男(汉族),湖北人,硕士生导师,研究方向:通信工程;杜金柱 1973.10-),男(汉族),山东人,博士后,研究方向:指挥控制;

Biography:GUO Jian (1974.8-), male, (the Han nationality), Beijing city, Navy Engineer university, Master, Research area: image process.

(430033 武汉 海军工程大学)郭健 周学军

(100039 北京 中国电子设备系统工程公司研究所博士后流动站)杜金柱

(820010 中国人民解放军 69026 部队网管中心)杜磊

(Navy Engineer University of PLA, Beijing 100039, China) GUO Jian ZHOU Xue-jun

(Electronic Equipment System Engineer Corp Postdoctoral Workstation Of China, Beijing 100039, China) DU Jin-zhu

通讯地址:(100039 北京市大成路 13 号总体部 1 室)郭健

(收稿日期:2008.10.23)(修稿日期:2008.11.18)

《现场总线技术应用 200 例》

现场总线技术是现代工厂、商业设施、楼宇、公共设施运行、生产过程中的现场设备、仪表、执行机构与控制室的监测、控制装置及管理与控制系统之间的数字式、多点通信互连的,数据总线式智能底层控制网络。

现场总线技术保证了现代工厂、商业设施、智能楼宇、公共设施(自来水、污水处理、输变电、燃气管道、自动抄表、交通管理等),高可靠、低成本、安全绿色生产运行,同时易于改变生产工艺,多品种生产过程。

本书 200 个应用案例,介绍了 profibus、FF、CANbus、DeviceNET、WorldFIP、INTERbus、CC-Link、LonWorks 及 OPC、工业以太网、TCP/IP 在石油、化工、电力、冶金、铁路、制烟、造酒、制药、水泥、电力传动、机械、交通、设备管理、消防、自来水厂、电解铜、电解铝、继电保护、粮仓及储运、汽车检测、油库管理、造纸、气象、远程抄表、电缆生产、暖通空调、电梯、楼宇自动化及安防、……,各方面的应用。

本书是工程设计人员、设备维护人员、设备采购人员、技术领导干部、大、中专学校教师的案头参考书,同时也是大专院校本科生、研究生做课题、搞毕业设计的必备参考书。有志向有兴趣的高中以上文化水平的人均为本书读者。

本书已出版。大 16 开,每册定价 55 元(含邮费)。预购者请将书款及邮寄费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436 010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn; E-mail:control-2@163.com