

机载多路 DVI 视频信号转换器设计

宫海波, 徐 茜, 张长茂

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 为了实现基于高速航电总线的多路 DVI 视频信号的采集及实时检测, 提出了机载多路 DVI 视频信号转换器的设计方案; 针对高速航电总线多路 DVI 视频信号速率高、实时性强的特点, 完成了信号均衡、信号预加重及高速信号全交叉设计, 采用单片机完成对转轮开关的采集、消抖和判断, 通过配置相应寄存器完成测试 DVI 口的通道切换功能; 实验结果表明, 该机载多路 DVI 视频信号转换器稳定性好、可靠性高、实时性强, 解决了高速航电总线多路 DVI 视频信号的检测难题, 满足设计需求。

关键词: 千兆以太网; 飞行试验; DVI 视频; 转换器

Design of Airborne Multi Channel DVI Video Signal Converter

Gong Haibo, Xu Qian, Zhang Changmao

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: In order to realize multi channel DVI video signal acquisition and real-time detection based on high speed avionics bus, a design scheme of airborne multi-channel DVI video signal converter is proposed. According to the characteristics of high speed and high real-time of multi channel DVI video signal in high speed avionics bus, According to the characteristics of multi-channel DVI video signal rate high speed avionics bus, high real-time, complete the signal equalization, signal pre emphasis and high-speed signal crossover design, using MCU to wheel switch acquisition, debounce and judgment, by configuring the corresponding register complete channel switching function test DVI port. The experimental results show that the airborne multi-channel DVI video signal converter has the advantages of good stability, high reliability and strong real-time performance, and solves the problem of detecting the multi-channel DVI video signal of high-speed avionics bus.

Keywords: gigabit ethernet; flight test; DVI video; converter

0 引言

随着计算机技术的迅速发展, 尤其是视频传输技术的不断更新, 视频格式已从最初的复合模拟视频发展到 VGA 视频, 再发展到目前视频显示主流技术的 DVI 数字视频^[1], DVI 数字视频具有高分辨率、高刷新率以及高稳定性等特点, 在日常生活中已经获得了广泛的应用^[2]。随着视频数据量的不断增大, 在传输距离远、对图像质量和抗干扰能力要求较高的应用领域, 为了提高视频传输质量, 减少信号传输损耗和失真, 基于新型高速航电总线的视频传输技术在视频领域获得了极大的关注^[3-5], 目前人们对以太网的数据传输率要求不断提高, 现有以太网的 10 Mbps 和 100 Mbps 数据传输速率已不能满足应用要求, 千兆网络及配套设备正逐步投入应用^[6]。

为了完成高速总线视频信号采集、信号处理及图像显示, 在视频传输的基础上必须完成视频信号转换^[7], 目前常见的视频信号转换主要涉及 AV 信号转换成 HDMI 信号、S-Video 信号转换成 VGA 信号、AV 信号转换成 VGA 信号以及 DVI 信号转换成 VGA 信号等形式^[8-10]。本设计在视频传输系统研究的基础上, 实现了新型千兆网络多路 DVI 视频信号转换器设计, 完成了多路 DVI 视频信号的采集记录及实时检测。

1 系统功能概述

在机载千兆网络环境下实现 5 路 DVI 视频信号的转换功

能, 每路 DVI 视频信号分别转换输出为 2 路 DVI 电信号, 其中一路输出用于机载测试记录器进行记录, 另一路输出地面检查使用, 通过面板开关进行“5 选 1”视频画面检查。

机载多路 DVI 视频信号转换器主要接收机载千兆网络 5 路 DVI 视频信号, 并将接收到的 DVI 视频信号转换为 DVI 视频电信号进行输出。同时具有 1 个测试 DVI 接口, 可通过外部开关选择具体 5 路输入 DVI 信号的任意一路输出。在转换过程中不对输入的视频源信号进行任何软件处理, 保证输出视频的分辨率和帧频保持不变, 仅完成分路切换功能。当输入端无信号输入时, 输出端无信号输出、显示器黑屏。视频信号转换的功能框图如图 1 所示。

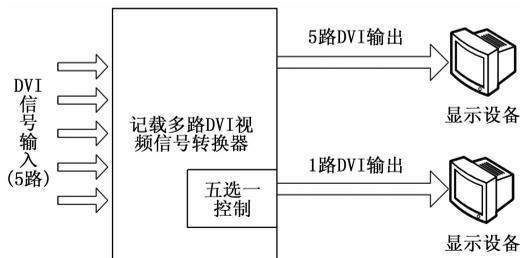


图 1 视频信号转换功能框图

2 转换器总体方案设计

机载多路 DVI 视频信号转换器硬件电路主要包括电源转换模块、信号转换模块、DVI 信号均衡模块、高速信号全交叉模块、DVI 信号预加重模块、DVI 接口静电防护模块、开关信号消抖模块等, 转换器的内部功能框图如图 2 所示。

收稿日期: 2017-02-15; 修回日期: 2017-02-27。

作者简介: 宫海波(1982-), 男, 工程师, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要从事机载测试技术方向的研究。

电源模块主要是将外部输入电源经过转换后, 为转换器内部元器件提供所需的电源, 转换模块主要是将接收到机载千兆网络的 DVI 信号转换为 DVI 电信号, 经过转换后的 DVI 电信号, 先经过均衡电路后再进行交叉选择, 以提高 DVI 信号质量, 通过外部转轮开关来触发外部单片机工作, 控制全交叉芯片内部寄存器值按转轮开关位置进行刷新, 实现全交叉芯片内部切换电路的动作, 进而实现对 5 路 DVI 信号的监控, 为防止测试接口上的视频信号误切换, 外部开关信号输入以后首先进行消抖处理, 本方案消抖部分由单片机软件来实现。

3 硬件设计

3.1 电源转换模块电路设计

电源模块主要是将外部输入电源经过转换后, 为转换器内部元器件提供所需的电源。系统采用 28 V 电源供电, 为保证产品供电的可靠性和系统的电磁兼容性能, 产品内部供电部分采用直流滤波器加 DC-DC 电源模块的方式, 系统电源先经过直流滤波器后再进行 DC-DC 变换, 得到

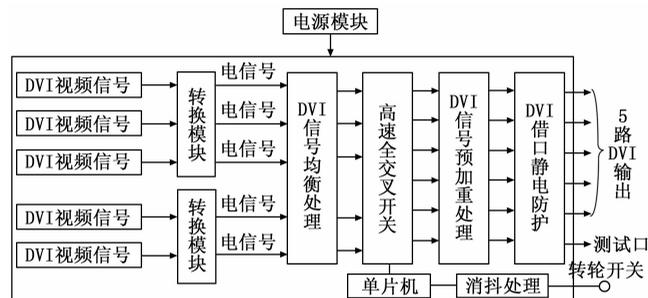


图 2 转换器功能框图

所需的 5 V 电源。在 DC-DC 电源模块输入端串联一个肖特基二极管, 可以有效防止电源反接, 同时在电源模块输入端并联一个瞬态抑制二极管, 可有效抑制输入电源浪涌以及瞬时电压过大。

电源转换芯片用于将输入的 5 V 电源转换为各芯片工作所需的 1.2 V、1.8 V 和 3.3 V 三种电源电压。根据主芯片的供电要求及印制板尺寸的限制, 选用 LTC 的一款集成度较高的微型模块稳压器, 宽输入电压范围: 4~14 V, 输出电压 0.6~5.5 V 可调, 它可提供每通道 4 A 电流的四通道 DC/DC 稳压器, 且内部集成开关控制器、功率 FET、电感器等, 使外部配置电路相对简单, 且同时具有过压、过流和过热保护功能。其封装形式为 9 mm×15 mm×5.01 mm BGA 封装。芯片外围配置简单, 可通过更改 FB 管脚上的下拉电阻来设置输出电压。系统供电的基本拓扑结构如图 3 所示。

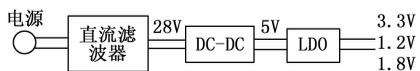


图 3 系统供电拓扑结构图

3.2 视频信号转换模块设计

视频信号转换模块主要是将接收到的 DVI 总线信号转换为 DVI 电信号, 针对多路 DVI 视频总线信号, 考虑到产品的体积要求, 选用 12 路并行接收模块, 可同时接收 3 路 DVI 视频信号的 12 路总线信号, 传输速率可达 3.125 Gbps。满足了

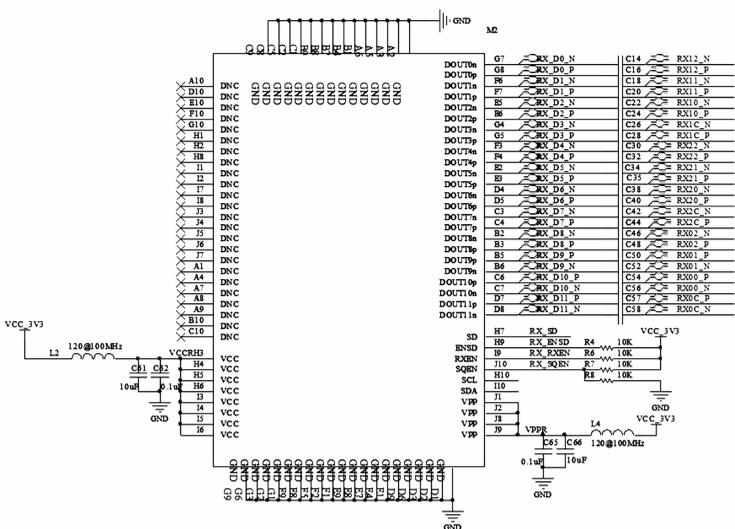


图 4 视频信号转换模块电路图

多路视频信号转换的需求且保证了设备的小型化设计, 该模块选用集成化程度高的多路并行电路设计, 保证了多路视频信号传输和处理过程中的信号一致性, 提高设备小型化的同时提高了系统的性能, 视频信号转换模块电路原理图及封装形式如图 4 所示。

视频信号转换模块主要由电源模块、电信号接口模块、介质转换芯片、输出接口模块等部分组成。视频总线信号数据经过电信号接口模块后传输到介质转换芯片, 介质转换电路接收数据后首先进行数据解析, 然后对数据格式进行重新定义, 之后数据传输到输出模块, 完成视频数据总线信号到视频数据电信号的转换, 由电信号接口模块将数据传递到传输链路中, 最终实现收发两端数据的处理及传输。

3.3 电信号输入均衡电路设计

机载测试抽引链路在实施工程中需要满足一定的线缆铺设要求, 视频信号尤其是高频高速率视频信号经过线缆传输后会有传输损耗, 因此在设计了电信号输入均衡电路设计。均衡电路可以对信号传输通道的低通滤波特性进行校正处理, 对于信号的输入接口端, 为达到远距离传输, 采用均衡技术来降低长线缆传输带来的损耗。选用 TI 的 DS16EV5110ASQ 均衡芯片, 它支持 3 个最小化传输差分信号 (TMDS) 数据通道和一个时钟通道, 每个数据通道的速率可达 2.25 Gbps, 满足测试系统的指标要求。DVI 输入均衡功能电路图如图 5 所示。

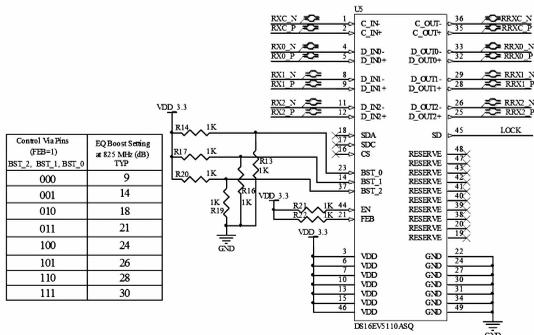


图 5 DVI 输入均衡电路图

芯片 BST 的 3 个管脚可根据图 5 中左表更改上下拉电阻来调节均衡增益。均衡增益在 825 Mbps 数据传输时为 9 dB, 实际 1 280×1 024@60 Hz 分辨率下, 数据传输为 1 Gbps, 此数据下均衡增益小于 9 dB, 输入端接入 18 m 电缆进行传输的情况下可清晰传输 1 280×1 024@60Hz 的信号。本方案中充分考虑信号衰减因素, 而且产品内部印制板走线较短, BST 管脚设置 000 状态, 此时有 9 dB 均衡增益, 可满足系统传输要求。

3.4 高速信号全交叉电路设计

方案中 DVI 信号的最高分辨率为 1 280×1 024@60 Hz, 该分辨率的像素时钟为 108 MHz, DVI 总线信号的速率为 1 Gbps, 信号速率较高无法直接对视频信号进行分路, 方案设计之初考虑到采集视频信号速率高且视频信号路数多, 视频信号处理过程中需要完成视频信号分路及视频信号转发等功能, 为了减少系统处理过程中的延迟等因素, 满足视频信号的高速处理需求, 视频信号分路及转发的功能实现采用纯硬件的实现思路, 本方案采用 MindSeepd 公司高速差分全交叉芯片, 该芯片可以实现 48×48 对差分信号的全交叉选择, 速率范围 10 Mbps~11.88 Gbps。通过对芯片内部寄存器的配置, 不仅可以实现 1 对多分路、多对 1 选择, 可以实现输出接口映射到任意输入接口。芯片内部将每 4 对高速差分信号划分为 1 个 Group, 即一路完整的 DVI, 这样可以有效保证 DVI 信号的 4 组高速差分信号之间相位的一致性。

高速全交叉芯片内部首先对输入的 5 路 DVI 视频信号进行分路, 其中 1 路直接输出, 另一路进入 5 选 1 切换模块; 其次针对 5 选 1 切换模块, 通过外部控制指令实现对输出视频信号的选择控制。通过外部转轮开关来触发外部单片机工作, 控制全交叉芯片内部寄存器值按转轮开关位置进行刷新, 实现全交叉芯片内部切换链路的动作, 进而实现对 5 路 DVI 信号的监控, 高速全交叉芯片内部功能框图如图 6 所示。

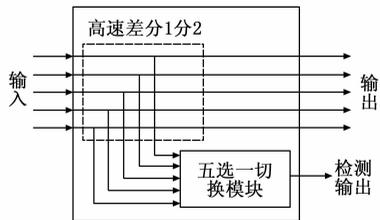


图 6 高速全交叉芯片内部功能框图

3.5 DVI 信号预加重电路设计

为了便于信号的传输或记录, 需要对输出的 DVI 信号某些频谱分量的幅值相对于其他分量的幅值预先有意予以增强, 来补偿长距离电缆及印制板走线的损耗。

方案采用 HDMI/DVI 专用接口芯片, 接口芯片可将按照 TMDS 格式编码的 DVI 信号加以均衡的同时, 对发送信号进行预加重处理, 其处理数据的速度可达 2.25 Gbps, 远超过 1280×1024@60 Hz 的数据速率 1.48 Gbps。因此将芯片加至 DVI 输出接口位置, 可以对输出端 DVI 信号进行预加重, 将 DVI 信号的传输距离延长至 10 m, 可满足机载环境下的视频信号的传输等链路需求, 提高信号采集处理的整体效果, DVI 信号预加重电路如图 7 所示。

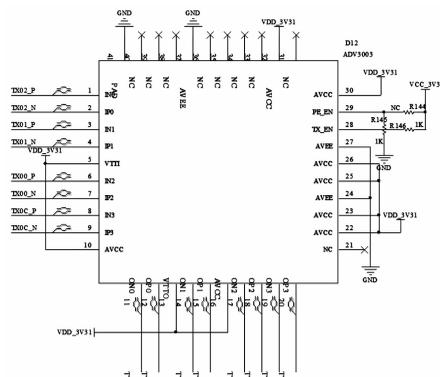


图 7 DVI 预加重电路设计

3.6 信号消抖设计

为防止测试接口上的视频信号误切换, 外部开关信号输入以后首先进行消抖处理, 本方案消抖部分由单片机来实现。当开关信号状态持续保持大于 50 ms 为有效信号, 小于 50 ms 为抖动信号。开关信号通过过采样的方式获得, 采样时钟为 2.048 MHz。数据采样之后通过边沿检测来判断数据是否发生跳变。当检测到数据跳变之后, 通过计数来判断数据是否持续 50 ms。若持续超过 50 ms 则输出跳变后的状态。否则不输出, 即保持跳变前的状态。

4 软件设计

由于系统中测试口可以通过外部转轮开关实现对 5 路视频信号的测试, 本方案采用单片机完成对转轮开关的采集、消抖和判断, 并根据目前转轮开关的位置, 配置相应的寄存器, 完成测试 DVI 口的通道切换功能, 软件流程图如图 8 所示。

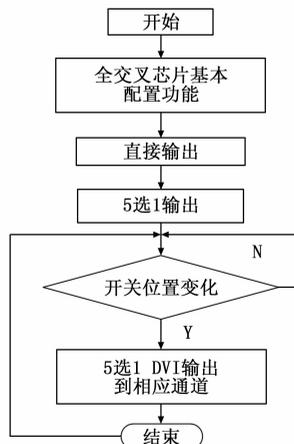


图 8 单片机软件流程图

首先对全交叉芯片进行初始化。初始化过程包括输入端口和输出端口的初始化。使能全交叉芯片, 关闭全部的输入和输出端口, 使功耗为最低。配置前 5 路的 DVI 信号, 使之通过全交叉芯片直接输出显示。分别配置相应的输入和输出通道, 实现输入通道和输出通道的交叉连接功能。面板上为转轮开关, 引入 MCU 的 IO 端口, 通过 IO 口采集读取开关状态, 并对开关信号进行消抖处理。通过判断转轮开关的位置, 完成通道切换的软件配置, 使输出相应通道的 DVI 视频数据。