

基于HB6096总线的触摸控制板研究与设计

李磊^{1,2*}, 郑澄^{1,2}, 王光腾^{1,2}, 曹允^{1,2}, 窦亮^{1,2}

(1. 中国电子科技集团公司第五十五研究所,南京210016;2. 国家平板显示工程技术研究中心,南京210016)

摘要:提出了一种基于电容触摸屏的触摸控制板设计方案,采用HB6096总线作为触摸控制板与机上交互设备的数据传输接口,以FPGA作为主控芯片,控制电路通过I²C接口读取电容触摸屏上报的数据信息,将数据进行打包处理并通过驱动器传送到交互接口,最终实现对显示画面的光标移动和点击选择功能。

关键词:电容触摸屏;数据采集;HB6096总线;现场可编程门阵列;集成电路总线

中国分类号: TN915 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2022)02-0095-05

Research and Design of Touch Control Device Based on HB6096 Bus

LI Lei^{1,2}, ZHENG Cheng^{1,2}, WANG Guangteng^{1,2}, CAO Yun^{1,2}, DOU Liang^{1,2}

(1. The 55th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210016, CHN;

2. National Flat Panel Display Engineering Technology Research Center, Nanjing 210016, CHN)

Abstract: A touch control panel design scheme was proposed based on the capacitive touch screen. The HB6096 bus was used as the data transmission interface between the touch control panel and the on-board interactive equipment, and the FPGA was used as the main control chip. The control circuit received data from the capacitive touch screen through the I²C interface, packed and transmitted the data to the interactive interface through the driver, and finally realized the cursor movement and clicked selection functions on the display screen.

Key words: capacitive touch screen; data sampling; HB6096 Bus; FPGA; I²C

引 言

触摸屏作为一种便捷的人机交互技术,已经广泛应用到了手机、平板电脑、公共查询系统、医疗仪器、工业自动化控制等许多领域^[1]。文中设计了一款采用电容式触摸屏的触摸控制板,并采用HB6096

总线格式与显示仪表进行数据通讯,可通过本产品控制机载座舱显示仪表的鼠标动作,实现画面切换和点击选择等操作,改善航电系统的人机功效。

1 总体设计

触摸控制板主要由电容触摸屏、电源转换电

收稿日期:2021-11-27

作者简介:李磊(1988—),男,工程师,主要从事嵌入式电路技术的研究;(E-mail:lileifuning@126.com)

郑澄(1990—),女,工程师,主要从事嵌入式软件和FPGA控制逻辑的研究;

王光腾(1986—),男,高级工程师,长期从事嵌入式软件和算法的研究。

*通讯作者

路、控制电路、航空插头和壳体等构成,如图 1 所示。触摸控制板通过航空插头与航电系统进行电气互联,电源控制电路负责将航空电源转换成低压直流电源为控制电路供电,控制电路通过 I²C 接口与电容触摸屏进行通讯,实时采集触摸坐标和位移数据,再通过控制电路的 FPGA(现场可编程逻辑阵列)对触摸数据进行处理,随后将触摸数据按照标准约定的格式进行编码,通过 HB6096 总线发送给上位机,实现交互功能。

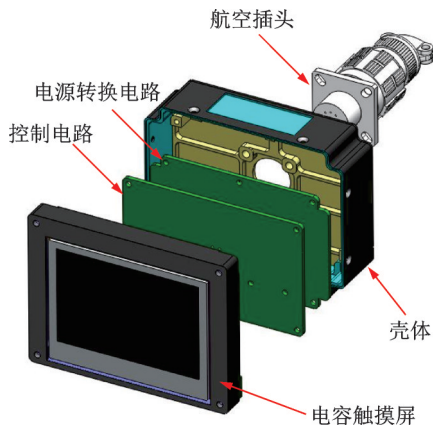


图 1 触摸控制板系统组成

Fig.1 System composition schematic of touch control panel

2 电容触摸屏设计

电容触摸屏的堆叠设计至关重要,采用“G+F+F”方式的堆叠结构,能够使产品的线性度功能达到最优,并实现真实多点触摸功能。“G+F+F”堆叠如图 2 所示,其中 G(Glass)表示钢化玻璃,F(ITO Film)表示氧化铟锡膜,分别对应图 2 中的“Rx 感应层”和“Tx 感应层”。

采用该堆叠方式还可以提升触摸屏的电磁兼容性能,由于 Rx 层在上方,而 Tx 层在下方,即 Tx 层在 Rx 层和控制电路板之间,Tx 层的 ITO 起到了天然的屏蔽电路板噪声的作用,有效地降低了控制电路噪声对 Rx 层的影响^[2]。

3 控制电路设计

控制电路主要由 FPGA 主控电路、触摸数据采集电路、按键数据采集电路、电源转换电路和 HB6096 通信转换电路等组成,其原理框图如图 3 所示。

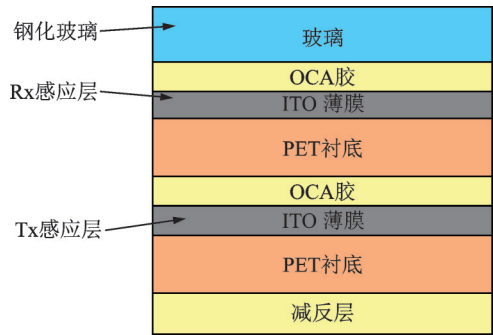


图 2 G+F+F 堆叠图

Fig.2 Diagram of G+F+F stack-up method

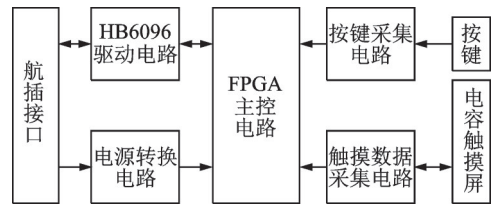


图 3 控制电路原理框图

Fig.3 Block diagram of the control circuit

FPGA 通过 I²C 总线实现与触摸数据采集电路的通讯,INT 为触摸控制电路发送至主控电路的中断信号,通过一个电阻上拉到正电源,无触摸操作时为高电平,当有触摸操作时 INT 电平为低。RESET 表示控制电路发送给触摸数据采集电路的复位信号。按键未使用时硬件上拉为高,当按键按下后,处理器将采集到低电平并将按键状态发送至上位机。为防止按键按压接触会产生静电,对 I/O 口的损坏电路采取了静电保护设计,触摸和按键数据处理如图 4 所示。

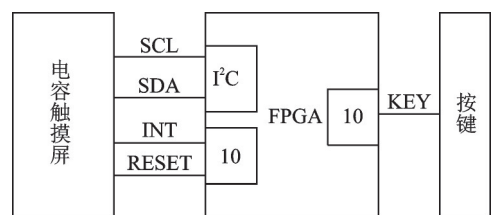


图 4 触摸和按键数据采集原理

Fig.4 Schematic of the touch strokes and touch data

HB6096 驱动电路如图 5 所示,HB6096 总线信号经过雷电防护处理后通过航插接口与上位机交互,FPGA 将触摸数据、按键数据以 HB6096 总线帧格式存储,通过发送器进行电平转换,以差分数据发至 HB6096 总线;同时 HB6096 总线的差分数据也可以通过接收器进行电平转换,将转换的 TTL 数据传至 FPGA 进行解析。

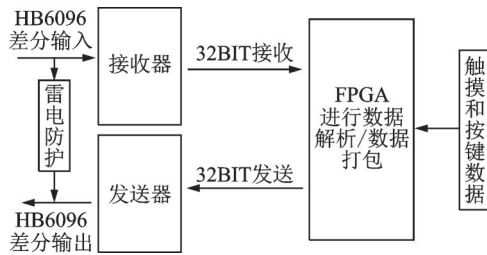


图5 HB6096总线数据收发原理

Fig.5 Schematic of HB6096 BUS data transceiver

控制电路采用FPGA作为处理器,主要实现数据采集、数据处理、BIT上报、HB6096通讯和I²C通讯等功能。控制电路FPGA的功能框图详见图6。

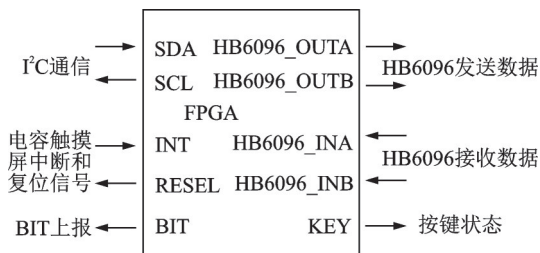


图6 FPGA功能框图

Fig.6 Block diagram of FPGA function

4 HB6096控制逻辑设计

HB6096数据在转换前是一个32位的字,转换后则是一串32位的差分数据流。数据流每一个BIT包括半个数据位和半个空位,因此总共有三种状态:0、1、null。并行的数据和串行数据相互转换,从低位开始顺序到高位,每个数据位之间有一个空位间隔。完成32位数据转换后再接一个10 BIT位的结束标志,这是两个HB6096数据间的间隔^[3]。完整的转换过程如图7所示。

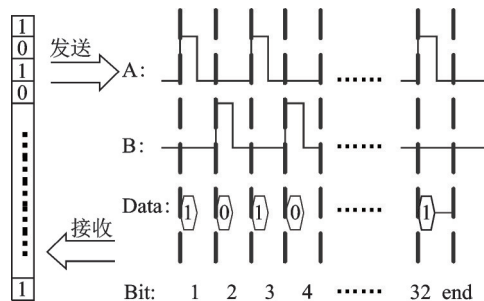


图7 HB6096数据传输和转换

Fig.7 HB6096 bus data transferring and transformation

HB6096总线的主要性能指标包括:

- (1)通讯方式:波特率100 Kbps;
- (2)电气特性:标准HB6096接口,高电平为+5

V,低电平为-5 V;

(3)通信性能:一路接收通道,一路发送通道。

FPGA发送协议内核结构如图8所示,包括:发送接口、缓存和发送器。

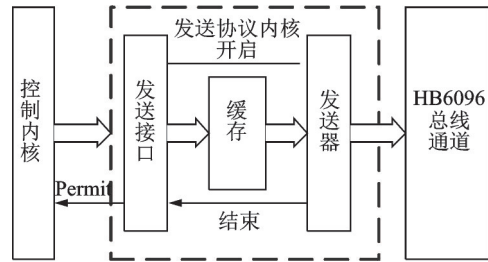


图8 发送协议内核结构

Fig.8 Send protocol kernel structure

当发送协议内核接口接收到需要处理的数据后,FPGA会将数据信息送至缓存,随即将开始标志位上报给发送器。

缓存负责暂时存储从发送接口取出的数据,将数据进行格式转换并按顺序传送至发送器,同时产生奇偶校验信息。

发送器从缓存读取数据,将并行数据转换为串行数据,随后通过发送器向外发送标准HB6096格式的串行数据,最后将结束发送的标志位回送至发送接口。

FPGA接收协议内核结构如图9所示,包括:接收器、锁存器和接收接口。

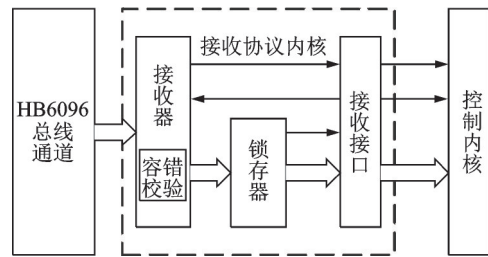


图9 接收协议内核结构

Fig.9 Receive protocol kernel structure

接收器负责实时接收来自HB6096总线通道的数据,将差分串行数据转换为并行数据并进行容错校验,随后将解码后的完整数据包送至锁存器,并通知接收接口。

锁存器负责暂时存储从接收器取出的数据,将数据进行格式转换并按顺序传送至接收接口,同时产生奇偶校验信息。

接收接口负责数据输出,接口上有新数据到达后,立刻将信息反馈给FPGA控制内核进行读取数

据操作。当锁存器中的数据被内核读取后,接收接口会将锁存器为空的 message 上报通知接收器^[4]。

5 测试验证

5.1 测试验证平台

触摸控制板的测试验证平台如图 10 所示。

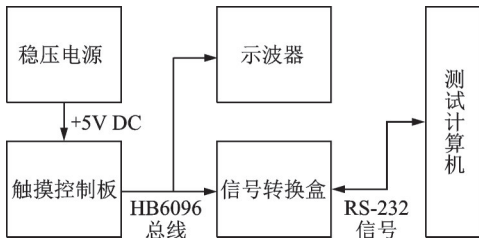


图 10 触摸控制板测试验证平台
Fig.10 Test platform of the touch control panel

测试验证平台由直流稳压电源、测试计算机、示波器、HB6096 信号转换盒等设备组成,示波器负责抓取 HB6096 总线的信号波形,信号转换盒作为测试计算机和触摸控制板的数据中继,负责将 HB6096 信号转换成 RS-232 信号以实现触摸控制板与计算机之间的数据通信。

5.2 测试结果

用手指在触摸控制板样机上进行触摸和按压操作时,触摸控制板通过 HB6096 总线接口向外发送操作数据,此时,用示波器测量发送的数据波形如图 11 所示,一个数据包有完整的 32 位数据且数据周期为 100 kHz。



图 11 触摸控制板 HB6096 发送信号波形
Fig.11 HB6096 test waveforms of touch control device

HB6096 总线数据通过信号转换盒转换成标准 RS-232 电平供上位机软件进行采集处理并转换成光标的坐标数据,实现光标移动画线功能。对触摸控制板进行画线测试,测试结果如图 12 所示,画线测试流畅无断点。另外,进行了两指操作测试,经

过测试验证,通过两指操作实现图形界面的放大和缩小,对操作对象进行两指长按并移动能够实现对界面的拖动。

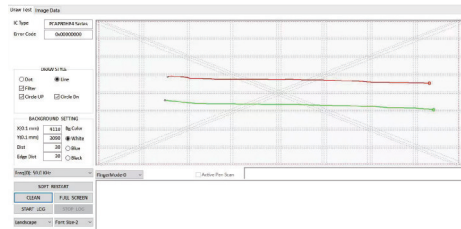


图 12 触摸控制板画线测试结果
Fig.12 Drawing test results of touch control device

功能通过上位机软件验证触摸控制板的按键,按键数据的处理过程同触摸数据一样,上位机软件将接收到的数据包解析并转换成按键触发状态,最终控制测试计算机的鼠标完成“单击选择”操作,测试结果如图 12 所示,当按键按压后,显示“按键触发”。



图 13 按键按压功能测试界面
Fig.13 Interface of key press function test

对触摸控制板的线性度指标进行测试,产品设计的指标为线性度不大于 1.5%,使用测试机械手臂在触摸区域中心沿着水平方向画直线,通过上位机软件观察测试结果,如图 14 所示。测试界面显示了画线的起点和终点以及在画线过程中的抽样点,通过“绘制标准线”功能能够直观地判断画线结果位于两条标准线中间,说明线性度符合标准要求。

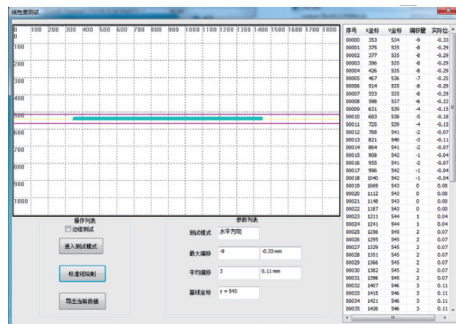


图 14 按键按压功能测试界面
Fig.14 Interface of linearity test

综上所述,触摸控制板对外发送的HB6096总线数据信号符合标准要求,频率为100 kHz,信号摆幅为 $\pm 5\text{ V}$,线性度 $\leq 1.5\%$,画线测试连续,按键操作正常,支持两指触摸,实现了设计目标。相较于传统滚球鼠标只能实现单点操作且单次操作行程短的优点,触摸控制板能够通过较小的手指位移量实现显示界面光标的大范围移动,并能够通过两指操作实现图形界面的缩放和拖动,极大地改善了人机功效。

6 结论

触摸控制板能够将触摸屏坐标数据和按键操作状态转换为标准HB6096总线数据信号并上报给

上位机,上位机通过HB6096总线接收触摸控制板发送的信号并解析,能够实现机上显示仪表光标移动和点击选择功能。该设备能够替代传统的航空滚球鼠标,对改善航电系统的人机功效具有积极的探索意义。

参 考 文 献

- [1] 张晋芳,陈后金,张利达. 投射式电容触摸屏高精度驱动与检测方法[J]. 电子科技大学学报, 2016, 45(9): 763-766.
- [2] 尹志乐,盛陈,章鹏,等. 加固电容触摸屏的关键技术研究[J]. 光电子技术, 2020, 40(2): 89-93.
- [3] 张新,赵峰黄,栋杉. 基于FPGA的多通道ARINC429通信芯片的设计[J]. 航空电子技术, 2008, 39(1): 46-52.
- [4] 李辉,黄敬礼. 一种PCI总线ARINC429通信卡实现方法[J]. 自动化技术与应用, 2010, 29(7): 73-75.



(上接第94页)

2 结论

目前国内外对液晶显示模块可靠性评价方法的研究较为广泛,而对于非常规背光源即UV光照下液晶显示屏可靠性评价方法的研究较少。国内外一些光固化三维立体打印机组件厂和整机厂针对自家液晶显示屏的可靠性也会进行评价,但整个光固化三维立体打印行业内没有形成一套统一的、行之有效的评价方法。作为液晶显示屏的原材料供应商,常规液晶显示模块的可靠性评价方法并不能有效评价其可靠性是否满足整机端要求,故常常出现设计阶段可靠性评价通过,而整机寿命不满足要求的情况。

文中首先通过收集光固化三维立体打印用液晶显示屏组件厂或整机厂不良信息来识别影响液晶显示屏选择透过功能的关键特性和失效阈值。接着调研UV光对液晶显示屏产生的影响并选择合适的样品进行评价方案设计与实施。通过持续光照和间隔光照在时间维度下的变化趋势得到辐射强度随时间的退化模型。根据对比两者在相同时间间隔下辐射能量的变化量找到持续光照相对间隔光照在给定条件下的加速因子。根据实验三得到抽样样品的失效时间并对产品的寿命分布进行拟合优度的检验。在Weibull概率纸进行描点,通过模型的回归和拟合找到一元线性回归方程的斜

率和截距并进一步得到Weibull模型的形状参数和特征寿命。通过得到的累积失效概率模型可以进一步预测未来某时刻前的累积失效概率。研发人员通过单片维保金额和交付数量作为输入预测不同维保时间下产生的维保费用。

本次光固化三维立体打印用液晶显示屏寿命测评试验研究思路和成果为光固化三维立体打印领域生产和研发人员在可靠性评价方面的工作提供了一定的技术指导。

参 考 文 献

- [1] 陈敏. UV光对偏光片的影响分析[J]. 信息记录材料, 2019, 20(5): 27-28.
- [2] 张文广,孙晓龙,杨振科. 紫外吸收剂在偏光片TAC膜中的应用研究[J]. 信息记录材料, 2013, 14(3): 14-17.
- [3] 黄琛. 紫外光照致液晶显示屏显示不均研究及改善[J]. 电子质量, 2021, 5: 32-35.
- [4] 张建平. 威布尔分布下VFD恒定应力加速寿命试验与统计分析[J]. 液晶与显示, 2010, 25(2): 205-210.
- [5] 孔令军,任立军. 液晶显示器寿命评估[J]. 液晶与显示, 2011, 26(2): 154-157.
- [6] 庄东辰. 退化失效模型及其统计分析[D]. 上海: 华东师范大学, 1994.
- [7] 吕璞. 电子元器件加速退化寿命评估方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(11): 230-239.
- [8] 陶容. 工艺参数对于液晶显示屏型三维立体打印成功率的影响[J]. 科技创新与应用, 2021, 23: 46-49.
- [9] 王超. 三维立体打印技术发展及其耗材应用进展[J]. 中国铸造装备与技术, 2021, 11: 38-44.
- [10] 李振. 光敏树脂和光固化3D打印技术的发展及应用[J]. 理化检验-物理分册, 2016, 10: 686-712.