

doi: 10.7690/bgzdh.2022.02.013

基于 FPGA 的 LCD 驱动器设计与实现

肖 希¹, 尹得智², 王文俊², 吴昌昊²

(1. 海军装备部驻绵阳地区军事代表室, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司特种计算机事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对嵌入式 LCD 显示设计中部分 MCU 不包含 LCD 控制器的问题, 提出一种基于 FPGA 的 LCD 驱动器设计。将 MCU 与该 FPGA 电路通过一定方式互联, 实现 RGB 等接口的扩展。显示测试结果表明: 该设计稳定可靠, 具有较好的可扩展性, 预期可用于不同尺寸、不同接口的 LCD 屏显示设计中。

关键词: FPGA; LCD 驱动器; RGB 接口

中图分类号: TP332 **文献标志码:** A

Design and Implementation of LCD Driver Based on FPGA

Xiao Xi¹, Yin Dezhi², Wang Wenjun², Wu Changhao²

(1. Military Representative Office in Mianyang District, Naval Equipment Department, Mianyang 621000, China;

2. Department of Specialty Computer, Automation Research Institute Co., Ltd.

of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the problem that some MCUs in embedded LCD display design do not include LCD controller, a design of LCD driver based on FPGA is proposed. The MCU and the FPGA circuit are interconnected in a certain way to realize the expansion of RGB and other interfaces. The test results show that the design is stable and reliable, and has good scalability, which is expected to be used in LCD screen display design with different sizes and different interfaces.

Keywords: FPGA; LCD driver; RGB interface

0 引言

目前工业控制及汽车等嵌入式领域中, TFT-LCD 屏凭借其功耗低、体积小、重量轻的特点被广泛应用于智能仪表、显示终端等设备中^[1]; 但部分国产 MCU 芯片并不包含 LCD 控制接口, 且 4.3 寸以上的大显示屏也很难找到合适的国产驱动芯片^[2]。虽目前已有许多基于 FPGA 的 LCD 控制器设计^[3], 但基本都是将 LCD 控制和驱动混在一起完成相应功能^[4-7], 很少使用 FPGA 单独作为 LCD 驱动器。

针对此问题, 笔者提出一种基于国产 FPGA 的 LCD 驱动器设计与实现方法。具体为 MCU 通过双口 SRAM 芯片与 FPGA 互联, 从而实现 RGB 接口的扩展, 同时提出了本方案的低成本替代方案。本设计的优势在于实现手段简单, 且 LCD 控制器与 LCD 驱动完全分离, 新增加代码基本不会影响主芯片原有功能代码, 可广泛应用于国产化设计升级中的显示接口扩展。

1 LCD 驱动器简介

LCD 控制器与 LCD 驱动器有着本质区别。LCD

控制器在嵌入式系统中的作用类似显卡在计算机中的作用, 负责合成要显示的图像, 并将这些图像存储在显存中, 包括翻转、叠加、缩放等一系列复杂的图形处理功能都在控制器中实现。LCD 驱动器只负责把显存中的图像数据不断刷新在 LCD 屏幕上, 不会对图像做任何处理。LCD 图像显示流程如图 1 所示。

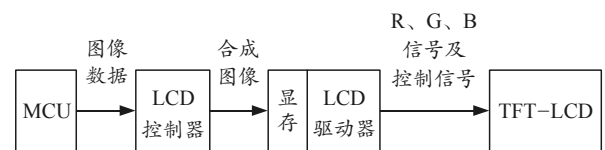


图 1 LCD 图像显示流程

目前 TFT-LCD 液晶屏主要有 2 种接口形式, TTL 接口 (RGB 颜色接口) 和 LVDS 接口 (将 RGB 信号打包成差分信号传输)。TTL 接口主要应用于 12.1 寸以下的小尺寸 TFT 屏幕; LVDS 接口传输距离长, 接线数量少, 大尺寸 LCD 屏采用此模式较多。

需要注意的是, MCU 或者显卡发出的图像数据是 TTL 信号, LCD 显示屏本身接收的也是 TTL 信号。如 LVDS、TDMS、GVIF、DVI 和 DFP 等接口, 实际上只是将 MCU 或者显卡发出的 TTL 信号编码

收稿日期: 2021-10-29; 修回日期: 2021-11-28

作者简介: 肖 希 (1986—), 男, 四川人, 硕士, 从事嵌入式系统研究。E-mail: 15328223609@189.cn。

成各种信号以便传输,到显示屏后再解码成 TTL 信号,故针对 RGB 接口的 LCD 驱动器设计很有必要。

2 系统描述

2.1 系统简介

笔者在全国产化方案设计的一种显示装置中验证了这种基于 FPGA 的 LCD 驱动器设计。显示装置

主芯片选择深圳市国微电子的 SOPC 芯片 SM9B100MAL,利用芯片内部自带的 FPGA 扩展出 RGB 接口与显示屏连接。LCD 显示屏选择京东方的 COG-VLSZT055-01。

如图 2 所示,该装置主要功能是通过 RS422 串口接收外部通信数据包,然后将这些数据以图像的形式显示在屏幕上。

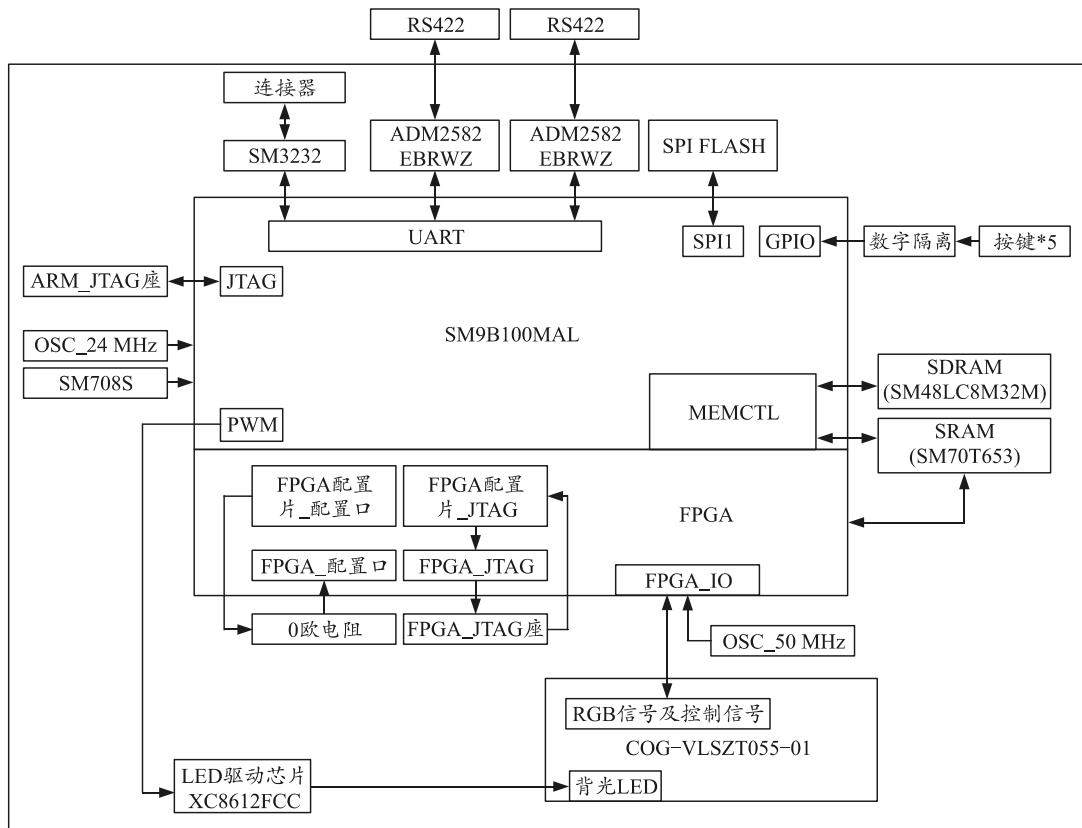


图 2 数据显装置

2.2 系统硬件选型

SM9B100MAL 芯片是国微电子开发的 RISC 高性能嵌入式 SOPC 芯片。内部集成了 1 个 SM926 系统内核(兼容 ARM926)和 1 个 100 万门的 FPGA(兼容 XC2V1000FPGA)。FPGA 与 CPU 之间通过 MEMCTL 控制的存储总线来进行通信。外部存储器接口支持 SRAM、SDRAM、NOR FLASH 类型存储器,片上集成 UART、LVDS、SPI、PWM 等外设控制接口。

设计中由芯片内部 SM926 内核完成 LCD 控制器的绝大部分功能,包括串口数据接收,显示图像合成,功能按键响应(包括亮度+、亮度-、前翻页、后翻页等功能)。SM926 内核周期性检测功能按键状态,当 RS422 串口接收到的数据更新或者功能按键触发时,更新显存 SRAM 中的图像数据。

显示屏是京东方的 COG-VLSZT055-01,为 7.0 英寸 TFT-LCD 显示屏,分辨率 800×480(800 horizontal by 480 vertical pixel arrays)。如图 3 所示,数据信号接口为 24 位 RGB 信号,背光 LED 灯单独供电。

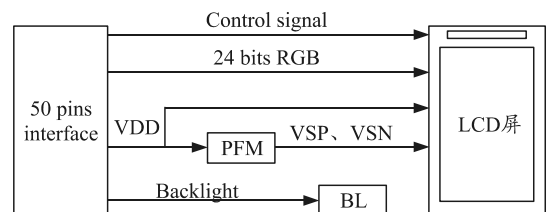


图 3 COG-VLSZT055-01 显示屏模块

该显示屏仅支持 DE 工作模式,不支持 HSYNC(水平)和 VSYNC(垂直)控制。如图 4 所示,当 DE 信号有效时,数据信号有效,依次填入显示屏像素点中。

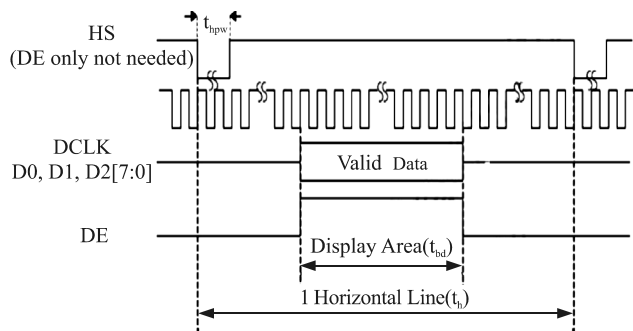


图 4 COG-VLSZT055-01 信号控制

2.3 LCD 驱动器设计

LCD 驱动器主要包括显存和 FPGA 驱动 2 部分，其功能如图 5 所示。

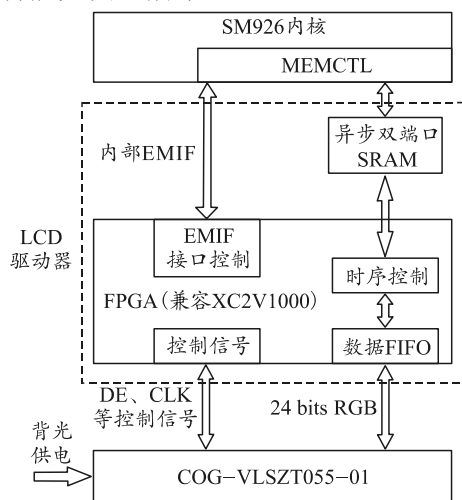


图 5 LCD 驱动器设计

显存选择国微电子的异步双端口 SRAM 芯片 SM70T653，容量为 $512\text{ k} \times 36\text{ bits} = 18\text{ Mbits}$ ，访问速度为 12 ns ，支持双端口同时读写。显示屏单张画面大小为 $800 \times 480 \times 24\text{ bits} = 9\,216\,000\text{ bits} = 8.79\text{ Mbits}$ ；因此，选择此款 SRAM 作为显存满足要求，显存中可以存储一张完整图片。

SM9B100MAL 内部 FPGA 兼容 XC2V1000，可通过内部 EMIF 总线与 SM926 内核进行通信(本次设计不使用此功能)。本次设计中 FPGA 连接双口 SRAM 的一端，不断读取其中的图像数据(如图 6 所示)，然后将其按照显示屏的要求进行时序控制后转化为 RGB 并行数据信号和屏幕控制信号输出至 LCD 屏，完成图像的显示(如图 7 所示)。

双端口 SRAM 芯片一个端口写，另一个端口进行读操作时，不会产生时序冲突。在数据包更新或者使用按键翻页时，SRAM 中的图像数据更新不会导致显示中断，故显示屏上显示的永远是显存中最新的图像，画面实时性很强。

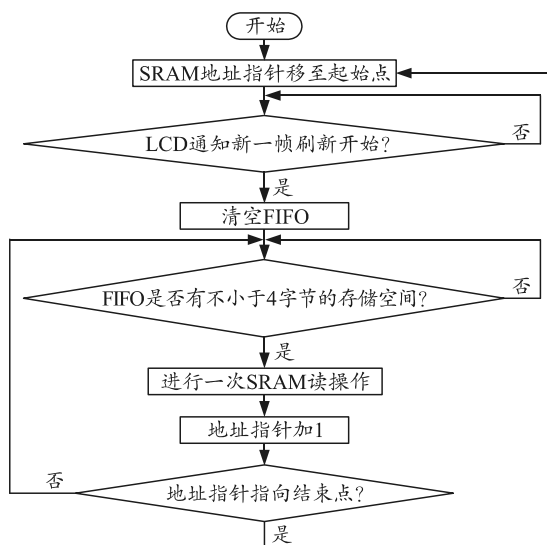


图 6 SDRAM 数据读取控制

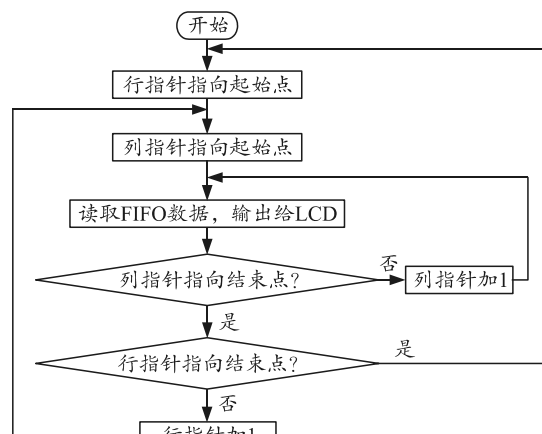


图 7 LCD 数据显示控制

3 显示测试

本设计已经成功应用于该国产化显示装置中，分别以每秒 20 帧至每秒 50 帧的速度更新图片(屏幕刷新率固定为 60 Hz)，目测检查显示效果，如图 8 所示。



图 8 图像显示结果

显示图像清晰稳定，画面切换流畅，图像更新时无肉眼可见的画面抖动。测试结果表明，该 LCD 驱动器设计技术上完全可行，性能稳定可靠。