

基于单片机控制的液晶彩屏TFT显示原理及应用

陶晓雪

深圳拓邦股份有限公司 广东深圳 518108

【摘要】随着微电子技术、显示技术及嵌入式系统的飞速发展，基于单片机控制的液晶彩屏TFT（Thin Film Transistor，薄膜晶体管）显示技术已成为现代电子设备中不可或缺的一部分。在基于单片机控制的液晶彩屏TFT显示系统中，单片机作为核心控制单元，负责接收外部指令、处理数据并生成控制信号，以驱动TFT显示屏实现图像的显示与更新，不仅实现了信息的可视化呈现，还通过单片机的智能控制，从而满足了不同应用场景下的多样化需求。本文在当前技术背景下，深入探讨了TFT液晶屏的基本工作原理及其独特性，并剖析了系统的整体构成及其运行机制，随后详细阐述了系统硬件的设计思路与实现方案，最后对系统软件的设计进行探讨，以期能够为相关领域的技术应用提供理论支持与实践指导。

【关键词】单片机；TFT液晶；显示器

引言

随着信息技术的飞速发展，人机交互界面在各个领域扮演着愈发重要的角色。液晶彩屏TFT（Thin Film Transistor，薄膜晶体管）凭借其可编程驱动能力、简便的接口控制特性、紧凑的体积设计、低功耗运行以及直观高效的人机交互界面，在智能设备领域，尤其是便携式仪器中，占据了举足轻重的地位，在众多应用系统中，包括单片机、数字信号处理器（DSP）等核心控制单元在内，LCD已成为当代高科技产业与信息产业中不可或缺的信息展示媒介之一^[1]。随着数控、测控等现代科技的日新月异，对于中英文混合显示及复杂图形展示的需求急剧攀升，传统的LED显示器因其局限性已难以满足这些高级需求，从而进一步凸显了LCD在信息显示领域的优势与重要性。本文旨在探讨基于单片机控制的TFT液晶彩屏显示原理及应用。

1 彩色液晶显示器

1.1 TFT液晶屏基本原理

TFT液晶屏（Thin-Film Transistor），即薄膜晶体管的英文缩写，其核心构成包括萤光管、导光板、偏光板、滤光板、玻璃基板、配向膜、液晶材料以及薄膜晶体管等组件。作为当前最先进的液晶面板技术，TFT液晶屏属于主动矩阵型，其显著特点在于背面配置了一根专用灯管。该灯管发射的光源首先需通过偏光板的过滤，随后穿过液晶层。在此过程中，液晶分子的排列状态会根据电压的变化而调整，从而影响光线的透过率。此外，光线还需依次穿过前方的滤色膜和另一层偏光板。因此，通过调节液晶的电压，即可精准控制最终的亮度和色彩表现，使得LCD屏幕

能够呈现出丰富多样的色彩组合。

1.2 TFT-LCD 的特点

TFT-LCD（薄膜晶体管液晶显示器）在众多显示设备的竞争中脱颖而出，赢得了大多数厂家和消费者的青睐，并有望成为新一代显示器的主流，逐步替代传统的CRT（阴极射线管）显示器^[2]。这一趋势并非偶然，而是随着人类技术的不断进步以及人们对信息需求的日益增长而自然形成的，长期以来，液晶显示器的光学问题一直是限制其发展的主要瓶颈。然而，TFT-LCD凭借其卓越的光学阀门特性，成功地将光学问题分为两个主要方面：发光问题和光的控制问题。在光源的亮度、颜色和寿命等方面，TFT-LCD已经达到了相当高的水平，唯一需要进一步解决的是光源的控制问题。通过矩阵寻址控制技术，TFT-LCD能够有效地解决光阀与控制器之间的匹配问题，从而克服了传统LCD的诸多缺点。随着TFT工艺的日趋成熟，新一代的液晶屏幕显示技术不断涌现。TFT-LCD自问世以来，便以其卓越的使用性能满足了当代对信息显示的高要求，同时具备良好的环保性能，辐射低，应用范围广泛。此外，TFT-LCD易于实现规模化、产业化生产，且具备良好的整合性和升级能力，能够快速占领市场，展现出强大的市场竞争力。

2 系统组成与工作原理

2.1 系统组成

本系统主要由信号调理电路、核心采集模块、单片机处理模块及液晶外围电路构成。信号调理电路包括继电器、增益控制D/A、两级可变增益放大器AD603以及保护电路，其主要功能是对输入信号进行程控的衰减与放大，确保信

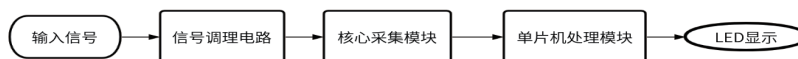


图1 系统的整体框图

号在最佳的测量与显示量程范围内^[2]。核心数据采集部分采用FPGA技术，结合高速A/D接口技术，实现了对数据的快速采集，并能与MCU进行高效通讯。MCU处理模块负责接收信号，并通过液晶显示器对信号进行解码与显示。此外，本系统还设计了LCD与MCU之间的接口电路，为LCD提供了适宜的工作电压。图1展示了该系统的整体框图。

2.2 系统工作原理

FPGA根据输入信号的大小，输出相应的控制信号，对调节电路进行增益调节，使其达到最优电平。在FPGA内部设置了两个异步FIFO作为缓存区，以确保快速获取与读出速率相匹配^[3]。本方案采用高速模数转换器，利用系统时钟对输出波形进行采样，并通过FPGA对输出信号进行检测。在此基础上，依据程序的预置，选取一个最优的时基，对FIFO中的写入信号进行控制，确保读取FIFO中的时钟信号保持恒定，从而在显示器上获得最佳的被观测信号。该系统的量程设置与时基选择完全由程序控制，无需手动设置即可自动将信号波形调整至最佳观察状态。

3 系统硬件设计

3.1 单片机最小系统解析

单片机最小系统，作为支撑其基础运行框架的核心，集成了复位、时钟及供电三大关键子系统，通过三者的精密协作，确保了单片机能够执行基本功能，进而维护整个应用系统的稳定管理与流畅运行^[4]。特别地，复位子系统在单片机启动或遭遇异常时，迅速将其状态重置至初始设定，保障了系统的可靠复位与重启能力。时钟系统则如同指挥家，为MCU提供精确的时序基准，确保各个功能模块间的无缝同步。供电系统稳定地供给MCU所需的工作电压，为系统的持续稳定运行提供源源不断的动力。在实际应用中，通过向TFT LCD显示屏的驱动芯片写入图像相关信息，即可轻松实现图像的直观展示，极大地简化了图像处理的复杂度，提升了系统的响应速度与用户体验。

3.2 TFT液晶显示电路详解

当前市场上TFT LCD驱动芯片琳琅满目，本文精选台湾硅创电子的ST7735芯片，该芯片专为驱动262K色彩TFT-LCD设计，内置396条源极线和162条栅极驱动线，性能卓越，利用SPI总线或8/9/16/18位系统总线，将显示数据高

效存储于132x162x18位的RAM中，无需额外时钟即可实现数据的快速读写，有效降低了能耗。此外，集成的供电电路简化了系统设计，减少了元件数量，提升了整体系统的紧凑性与可靠性。采用的SPI串行接口以其四线通信（SCK、SDI、SDO、CS）的简洁性，实现了与外部设备的高效连接。SPI接口的全双工工作模式不仅使用便捷，而且数据传输速率快，便于用户掌握与应用。

3.3 单片机系统输入电源电路设计

在单片机应用开发中，输入电源电路的设计至关重要，其稳定性与准确性直接关系到系统的整体性能与运行可靠性。为确保应用程序的顺畅运行与系统的稳定工作，对输入电源的设计需给予高度重视。

本文设计的系统采用了DC/DC转换电源，旨在灵活获取多种直流电压输出，以满足单片机应用设计中多样化的电源电压需求^[5]。尽管传统DC/DC电源设计较为复杂，但现今市场上已涌现出众多成熟的DC/DC模块电源产品，它们体积小、工作稳定、操作简便，且适合大规模生产，成本效益显著。将这些模块电源合理融入本系统设计，不仅简化了电源设计与调试流程，还优化了整体电路布局，极大地缩短了产品研发周期。因此，最终选用了DC/DC模块作为系统电源解决方案。

4 系统软件设计

4.1 主要功能模块的实现

主程序的核心任务在于对各设备进行初始化处理，随后从芯片中高效读取数据，并调用相应的显示子程序以呈现信息，确保了系统在启动后能够迅速进入稳定工作状态，同时保证了数据的实时性与准确性。通过精心的模块化设计，主程序不仅简化了操作流程，还提升了系统的整体性能与用户体验。

4.2 显示驱动程序设计

本研究的核心聚焦于显示程序设计的精妙构建及其所面临的独特挑战。首要难题在于，并非所有显示驱动芯片内置的存储区域（例如编号为1231的内存区块）都能在初始化阶段一次性完成全面配置。因此，在设计过程中，需规



图2 主要功能模块流程图

划内存资源在后续程序阶段（如数据写入前）的关键作用。数据写入范围的预先界定依赖于在内存中精确设置这些范围，对于确保数据处理的连续性和准确性至关重要。此外，为了将所需的显示信息准确无误地映射至屏幕之上，需在软件层面精心编写并调试一系列程序代码，确保了显示内容的精准无误，赋予系统高度的灵活性与强大的控制能力，使得信息的展示能够按需应变，满足多样化的应用场景需求。通过这一系列精心的设计和调试，本研究旨在为显示程序设计领域提供更为完善和高效的解决方案。本系统中显示驱动部分的子程序流程框图如图3所示。



图3 显示驱动部分的子程序流程框图

4.3 图片取模操作

在本研究中，采用Image2Led 2.9专业软件作为工具，对拟在液晶彩屏TFT上显示的图片进行图形库的提取与优化处理。具体实施过程中，首先设置了图片取模的扫描模式为水平扫描，以确保图像数据在后续处理中的一致性，将输出灰度级别调整至支持16位真彩色的高保真度。在16位数据中，RGB（红、绿、蓝）三原色信息被精细分配，其中红色(R)占据5位，绿色(G)占据6位（以适应人眼对绿色更为敏感的特性），而蓝色(B)则占用5位，旨在实现广泛的色域覆盖与细腻的色彩过渡。通过Image2Led 2.9软件的强大功能，获取包含完整RGB数据的图像颜色信息，为后续的色彩管理与显示优化提供坚实的数据基础。为确保图像在液晶显示屏上的完美呈现，设置输出数据类型为C语言数组格式，不仅便于与单片机控制程序的集成，也提高了数据处理的效率与灵活性。完成上述所有配置后，通过点击软件界面上方的保存按钮，系统将自动生成并弹出一个保存对话框。在此对话框中，按照提示将提取出的图像点阵数据保存至特定的C语言数组中，随后将被作为显示子程序的输入参数，通过单片机的控制逻辑，最终实现图像在液晶彩屏TFT上的高保真显示。

4.4 程序的运行和烧写

在遵循彩色液晶显示模块详尽的引脚接线规范基础上，将单片机与显示模块进行精确对接。随后，于个人计算机上启动Keil uVision4集成开发环境，在其中编写针对显示

功能的程序源代码。完成代码编写后，执行编译操作，确保代码无误且顺利生成后缀为“.hex”的十六进制文件，该文件即为单片机可执行的二进制代码。紧接着，开启ProgISP编程软件，此软件专门用于将程序下载至单片机。在ProgISP界面中，点击“调入flash”按钮，浏览并选中先前在Keil uVision4环境中生成的.hex文件。随后，选择“自动”模式，该模式将自动配置必要的下载参数，并启动烧录过程，将编译好的程序代码高效地写入单片机内存中。至此，单片机烧写流程顺利完成，单片机已准备就绪，可按照新加载的程序执行相应任务。

5 系统调试和测试

在完成软硬件设计的综合构建之后，随即进入全面而细致的调试与测试阶段。通过多轮迭代调试，对程序代码实施了深度优化，旨在提升系统整体性能，确保其运行状态的平稳性与可靠性。在严格的试验验证过程中，引入1 kHz频率、峰峰值为2V的正弦信号作为测试输入。观察液晶显示器上所呈现的波形，其展现出卓越的稳定性与连续性，不仅验证了信号处理的精确性，还彰显了系统对信号参数的准确捕捉能力。尤为值得一提的是，显示结果中蕴含的色彩信息丰富多样，进一步增强了数据呈现的视觉效果与可读性，为后续的数据分析与系统评估奠定了坚实基础。

6 结束语

综上所述，基于单片机控制的液晶彩屏TFT显示技术以其独特的优势与广泛的应用前景，正持续推动着电子产业的创新与发展。未来，随着技术的不断进步与成本的进一步降低，因此，深入探索与研究基于单片机控制的液晶彩屏TFT显示技术，对于推动相关产业的发展与升级具有重要意义。

参考文献：

- [1] 张怀平 李宏章 钟海强. TFT-LCD液晶显示技术与应用研究[J]. 电子技术与软件工程, 2022(18): 86-89.
- [2] 王东江. 基于TFT-LCD原理的计算机面板设计[J]. 电子技术(上海), 2022(006): 051.
- [3] 庄恩泽, 沙双庆. 浅析液晶显示屏的工作原理[J]. 计算机与网络, 2020, 46(17): 1.
- [4] 杨金玲. 显示技术的TFT-LCD与OLED剖析[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(9): 2.
- [5] 俞林锋, 高荣荣, 江桥, 等. TFT-LCD串色不良原理及其改善方法[J]. 电子世界, 2020(24): 3.