2024年重庆邮电大学第十一届“光电芯杯”单片机应用设计竞赛设计报告

作品名称： 手持串口调试助手

队伍名称： 共用电子队

参赛队员：林翔；戴明伯；邹佳辰；闵景怡

邮箱 ： 3381536977@qq.com

# 摘要

本项目是基于STM32F103C8T6的手持串口调试助手，用于监测两设备通信的串口信息，便于开发者快速定位解决开发中串口通信相关问题，对于提升开发效率、缩短产品上市周期具有重要意义。该助手集成了串口信号转换、TF卡存储、锂电池充放电管理等功能模块，形成了功能完善、结构紧凑的硬件系统。软件设计采用模块化架构，包括通信、显示、存储和更新模块，提高了软件的可维护性和可扩展性。通过实际测试，该助手能稳定实现串口通信监测，支持RS232和RS485协议，能实时显示和记录数据，并可将数据发送到PC端或存储在TF卡中。此外，还设计了bootloader程序，支持固件在线升级。

# 引言

在物联网和嵌入式系统飞速发展的今天，串口通信作为设备间数据传输的基石，其重要性愈发凸显。无论是智能家居的互联互通，还是工业设备的精准控制，串口通信都以其稳定可靠、易于实现的特点，成为开发者不可或缺的工具。然而，传统的串口调试工具却常常因为操作复杂、功能单一等问题，让开发者在调试过程中倍感困扰。面对这一现状，我们深刻意识到，一款便捷、高效、多功能的手持串口调试助手，对于提升开发效率、缩短产品上市周期具有重要意义。因此，我们设计了这款手持串口调试助手，它不仅集成了串口通信的基本功能，更在用户体验、数据处理、存储传输等方面实现了全面升级，旨在满足现代嵌入式开发者在调试过程中的多样化需求，助力他们轻松应对各种复杂场景，推动物联网和嵌入式系统的持续创新与发展。

# 需求分析

在嵌入式系统开发中，串口通信是实现设备间数据交换的重要手段。然而，传统的串口调试工具往往体积庞大、操作复杂，不易获取两设备通信的信息，不便于携带和使用。因此，本项目旨在开发一款手持式串口调试助手，以满足嵌入式开发者在户外或现场调试时的需求。该助手应具备以下特点：

1、体积小、重量轻，便于携带，通过3.7V锂电池供电，Type-C数据线进行充电。

2、支持RS232和RS485数据采集，支持多种波特率、数据位、停止位和校验位设置。

3、能够实时显示和记录串口数据，方便开发者进行调试和分析。

4、通过Type-C数据线将采集到的数据发送到PC，便于用户及时处理数据。

5、将采集到的数据存储在TF卡中，以txt文本格式保存，便于用户对数据进行处理分析。

6、通过IAP更新程序，方便对产品的固件程序进行升级。

# 硬件设计

## 总体架构概述

本手持串口调试助手采用STM32F103C8T6作为主控芯片，集成了最小系统电路、SPI接口的TF卡存储模块、SPI接口的TFT2803显示屏、屏幕电源开关控制电路、TP4056锂电池充放电管理电路、TL431稳压输出3.3V电路、ADC采集锂电池电压电路、MAX3232和MAX3485信号转换电路、按键电路以及CH340E的USB转串口电路，形成了一个功能完善、结构紧凑的硬件系统。

## 最小系统电路

STM32F103C8T6是一款基于ARM Cortex-M3内核的32位微控制器，具有高性能、低功耗、丰富的外设接口等优点。在本设计中，它负责处理串口通信数据、控制显示屏显示、管理TF卡存储、监测锂电池电压等核心任务。最小系统电路包括STM32F103C8T6的电源电路、复位电路、时钟电路以及启动模式选择电路。这些电路确保了主控芯片能够正常工作，并为后续的扩展功能提供了基础。

## 电源电路

TP4056锂电池充放电管理电路：TP4056是一款性能优异的锂电池充放电管理芯片，具有过充保护、过放保护、短路保护等功能。在本设计中，它负责为锂电池提供安全可靠的充放电管理，确保锂电池能够长时间稳定工作。ADC采集锂电池电压电路用于实时监测锂电池的电压状态，以便在电量不足时及时提醒用户充电。该电路通过STM32F103C8T6的内置ADC模块实现电压采集，并通过软件算法转换为电量百分比显示。

TL431稳压输出3.3V电路：TL431是一款可调式精密并联稳压器，通过外接电阻可以设定稳定的输出电压。在本设计中，它用于将锂电池提供的电压稳压至3.3V，为STM32F103C8T6及其他外设提供稳定的电源供应。

屏幕电源开关控制电路：屏幕电源开关控制电路用于控制TFT2803显示屏的电源通断，以实现节能降耗的目的。该电路通过控制MOS管和三极管等开关元件，实现对显示屏电源的精准控制。

## 串口信号转换电路

RS-232信号转换电路：使用MAX3232芯片，用于将STM32F103C8T6的TTL电平串口信号转换为RS232电平信号，以便与具有RS232接口的设备进行通信。

RS-485信号转换电路：使用MAX3485芯片，用于将STM32F103C8T6的TTL电平串口信号转换为RS485电平信号，以便与具有RS485接口的设备进行通信。这两个信号转换电路使得本手持串口调试助手能够兼容更多的通信协议和设备。

USB转串口电路：CH340E是一款高性能的USB转串口芯片，支持USB2.0全速接口和多种串口波特率设置。在本设计中，它用于将STM32F103C8T6的串口数据通过USB接口传输到PC端，实现数据的实时查看和存储。同时，CH340E还支持固件升级功能，使得用户可以通过PC端软件对CH340E的驱动程序进行更新和优化。

## SPI接口模块

TF卡存储模块：采用SPI接口的TF卡存储模块，用于存储串口通信数据。该模块具有容量大、读写速度快、功耗低等优点，能够满足长时间、大数据量的存储需求。

TFT2803显示屏：采用SPI接口的TFT2803显示屏，用于实时显示串口通信数据。该显示屏具有分辨率高、色彩鲜艳、显示效果好等特点，能够为用户提供直观的调试信息。

# 软件设计

本项目采用Keil uVision5作为软件开发环境，使用STM32的标准库配置外设。通过按键扫描设置产品的工作模式和串口参数配置，利用串口接收空闲中断接收不定长数据。同时，项目集成了TFT2803屏幕显示、TF卡读写及FATFS文件系统、串口DMA加速以及bootloader程序等模块。本部分将阐述软件设计架构、模块划分及关键技术实现。

## 设计原则与目标

设计原则：模块化设计，确保各模块间的低耦合高内聚；可维护性，便于后续的功能扩展和错误修复；实时性，确保串口通信的及时响应。

设计目标：实现按键配置工作模式与串口参数；支持不定长数据的串口接收；通过TFT2803屏幕显示信息；实现TF卡的文件读写操作；利用DMA加速串口通信；提供bootloader程序实现固件升级。

## 总体架构设计

采用C语言开发，Keil uVision5作为IDE；STM32系列MCU作为硬件平台；使用标准库对硬件进行操作；集成FATFS文件系统管理TF卡。

软件架构分为核心控制层、通信层、显示层、存储层及更新层。核心控制层负责整体调度；通信层处理串口通信；显示层管理TFT2803屏幕；存储层实现TF卡文件操作；更新层负责bootloader程序。

程序通过按键扫描设置产品的工作模式和串口参数配置，通过串口接收空闲中断来接收不定长数据。再根据具体的工作模式调用相应的接口函数。

## 模块详细设计

### 通信模块

串口配置：根据按键设置初始化串口参数，波特率、数据位、停止位等。串口接收：利用空闲中断接收不定长数据，存入缓冲区。DMA加速：配置DMA通道，实现串口数据的快速收发。

### 显示模块

SPI驱动：编写SPI驱动程序，控制TFT2803屏幕显示。界面设计：设计友好的用户界面，显示工作模式、串口参数、接收数据等信息。

### 存储模块

SPI读写TF卡：编写SPI驱动程序，实现TF卡的读写操作。FATFS移植：集成FATFS文件系统，提供文件创建、删除、读写等功能。

### 更新模块

Bootloader设计：编写bootloader程序，修改程序启动位置，如何进入升级模式。IAP实现：通过IAP（In-Application Programming）功能，实现固件的在线升级。

## 可靠性设计

数据校验，对串口传输数据进行判断，若为0x0D，0x0A回车换行符，对数据显示页面回车换行，便于用户观察分析数据，若为ASCII码中其他不可视数据，进行跳过处理，避免屏幕数据错乱；在关键位置添加异常处理代码，确保软件在异常情况下仍能稳定运行；菜单页面模块化，方便后续功能扩展和添加；通过IAP功能，实现固件的在线升级，提高产品的可维护性。

# 结论与展望

## 结论

本设计成功开发了一款手持串口调试助手，其硬件设计以STM32F103C8T6为主控芯片，集成了串口信号转换、TF卡存储、TFT2803显示屏、锂电池充放电管理等多个功能模块，形成了一个功能完善、结构紧凑的硬件系统。软件设计方面，采用Keil uVision5作为开发环境，实现了模块化设计，包括通信模块、显示模块、存储模块和更新模块等，确保了各模块间的低耦合高内聚，提高了软件的可维护性和可扩展性。

通过实际测试，本手持串口调试助手能够稳定地实现串口通信，支持RS232和RS485两种通信协议，能够实时显示和记录串口数据，方便开发者进行调试和分析。同时，通过Type-C数据线可以将采集到的数据发送到PC端，便于用户及时处理数据。此外，本设计还实现了将采集到的数据存储在TF卡中，以txt文本格式保存，为用户提供了更加灵活的数据处理方式。

在软件设计中，我们采用了DMA加速串口通信，显著提高了数据传输速度，使得本手持串口调试助手在处理大量数据时更加高效。此外，我们还设计了bootloader程序，通过IAP功能实现了固件的在线升级，为用户提供了更加便捷的产品维护和升级方式。

综上所述，本手持串口调试助手在硬件和软件设计方面均取得了显著的成果，满足了嵌入式开发者在户外或现场调试时的需求，具有体积小、重量轻、易于携带、功能丰富等优点，对于提升开发效率、缩短产品上市周期具有重要意义。

## 展望

尽管本手持串口调试助手已经实现了较为完善的功能，但在未来的发展中，我们仍然可以从以下几个方面进行改进和优化：

增加无线通信功能：为了进一步提高产品的便携性和灵活性，可以考虑增加无线通信功能，如蓝牙、Wi-Fi等，使得本手持串口调试助手能够无线连接其他设备，实现远程调试和数据传输。

优化用户界面：虽然当前的用户界面已经能够满足基本的需求，但在未来的设计中，我们可以进一步优化用户界面的布局和交互方式，使其更加友好和直观，提高用户的使用体验。

增强数据处理能力：随着物联网和嵌入式系统的不断发展，数据量将会越来越大，对数据处理能力的要求也会越来越高。因此，在未来的设计中，我们可以考虑增加更加高效的数据处理算法和硬件加速模块，以提高本手持串口调试助手的数据处理能力。

拓展应用场景：除了作为串口调试助手外，我们还可以考虑将本产品的功能进行拓展，如增加逻辑分析仪、示波器等功能，使其能够应用于更加广泛的嵌入式系统开发和调试场景中。

总之，本手持串口调试助手的设计和开发是一个不断迭代和优化的过程，我们将继续关注市场需求和技术发展，不断对产品进行改进和创新，以满足用户日益增长的需求。