

# 多功能 PLC 采集终端系统设计

李璇<sup>1</sup>, 王苏恺<sup>2</sup>, 和鹏祥<sup>1</sup>

(1. 中北大学 信息与通信工程学院, 山西 太原 030051;

2. 中北大学 计算机科学与技术学院 山西 太原 030051)

**摘要:** 该文介绍了一款多功能 PLC 采集终端的系统设计与实现, 旨在提高数控机床运行状态的信息化和可视化水平。该终端基于 I. MX6ULL 控制核心在 Linux 系统下开发, 具备多种输入接口 (Modbus TCP、Modbus 485 以及 I/O 接口) 以适配不同 PLC 设备, 并可通过上位机配置选择 Wi-Fi、4G 或以太网接口模块实现数据实时传输至 MQTT 服务器。系统实物测试表明, 该终端能够有效地读取 PLC 数据, 并可通过 MQTT 协议准确地将数据上传至服务器, 实现了预期的功能目标, 对于提升工业生产线的智能化水平具有重要意义。

**关键词:** Linux 系统; ARM; 采集终端; PLC 设备; MQTT

**中图分类号:** TP274.2

**文章编号:** 1000-0682(2024)05-0013-04

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.05.003

## Design of multifunctional PLC acquisition terminal system

LI Xuan<sup>1</sup>, WANG Sukai<sup>2</sup>, HE Pengxiang<sup>1</sup>

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Shanxi Taiyuan 030051, China;

2. School of Computer Science and Technology, North University of China, Shanxi Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** This paper introduces the system design and implementation of a multifunctional PLC acquisition terminal, aiming at improving the information and visualization level of the running state of CNC machine tools. The terminal is developed in Linux based on the I. MX 6ull control core and has a variety of input interfaces (Modbus TCP, Modbus 485 and I/O interfaces) to adapt to different PLC devices. And it can select Wi-Fi, 4G or Ethernet interface module through the upper computer configuration to achieve real-time data transmission to MQTT server. The physical test of the system shows that the terminal can effectively read PLC data, and can accurately upload the data to the server through MQTT protocol, and achieve the expected functional goals, which is of great significance for improving the intelligent level of industrial production lines.

**Keywords:** Linux system; ARM; acquisition terminal; PLC equipment; MQTT

收稿日期: 2024-04-08

基金项目: 2022 年山西省应用基础研究计划项目 (202203021212123); 省部共建动态测试技术国家重点实验室开放研究基金 (2022-SYSJJ-08); 山西省重点研发计划“基于环境自适应光学扫描平台的焦炉机车精确定位系统关键技术研究” (202202110401015)

第一作者: 李璇 (1993—), 男, 河北行唐人, 博士, 讲师, 研究方向为信息探测与处理。

通信作者: 王苏恺 (1991—), 女, 博士, 讲师, 研究方向为图像处理与重建、光电检测等。E-mail: Wangsukai@nuc.edu.cn

## 0 引言

随着工业技术的进步和发展, 国家对传统行业上的智能化改造的重视程度越来越高<sup>[1-2]</sup>。数控机床作为一个加工工具和制造终端, 是工业发展的基础, 而且数控机床的运作情况和使用效率都影响着生产进度和产品质量, 其生产过程的信息化、智能化是目前亟待解决的问题<sup>[2]</sup>。数据的采集和处理是生产线信息化的重要基础之一, 其中数控机床大多由 PLC 设备控制, 所以对 PLC 设备数据的采集尤为重要。因此设计一种适用于 PLC 设备的多功能数

据采集终端对机床运行状态信息化、可视化,有着重要的理论和实践意义<sup>[3]</sup>。

针对以上现状,该文设计了一款以 I. MX6ULL 嵌入式系统为主控的多功能 PLC 采集终端,用于实时采集并传输 PLC 设备的内部数据,最终实现对数控机床运行状态的可视化<sup>[4]</sup>。

## 1 系统总体方案设计

多功能 PLC 采集终端整体方案如下图所示,系统由输入接口、输出模块以及其它辅助模块组成。其中输入接口包括 Modbus TCP 接口、Modbus 485 接口以及 I/O 接口,主要功能为与 PLC 设备通信,读取 PLC 数据,进而获得机床运行状态等信息;输出模块包括 Wi-Fi 模块、4G 模块以及以太网接口模块,负责将获取的数据通过 MQTT 协议实时上传至服务器,以便分析汇总查看;辅助模块包括电源模块、存储模块等。同时,该多功能 PLC 采集终端还配套上位机软件,该软件可对采集终端的采集接口、采集方式、采样间隔时间等参数进行配置。

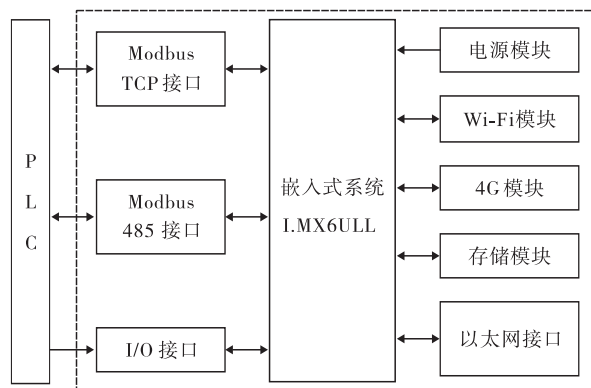


图1 系统整体方案图

## 2 系统硬件设计

### 2.1 输入接口设计

目前 PLC 设备配备的通信接口一般可以分为三种,即 RS485 接口、RJ45 以太网接口以及普通的 IO 接口<sup>[5]</sup>。为匹配不同的通信接口,在多功能 PLC 采集终端中设计了多种输出接口,即 Modbus TCP 接口、Modbus 485 接口以及 IO 接口。

Modbus TCP 接口采用 SR8201F 芯片作为 PHY 芯片,该芯片采用 RMII 接口与终端核心板 I. MX6ULL 通信<sup>[6-7]</sup>。同时,该芯片占用 IO 较少,支持 auto mdix(可自动识别交叉/直连网线)功能。

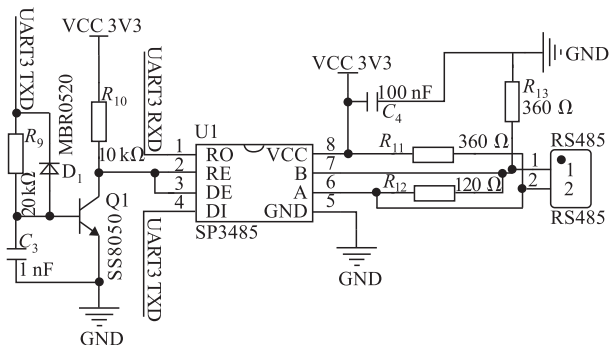


图2 Modbus 485 接口电路

多功能 PLC 采集终端 Modbus 485 接口电路如图 2 所示。Modbus 485 接口采用 SP3485 进行 485 电平转换,其中  $R_{12}$  为终端匹配电阻,而  $R_{11}$  和  $R_{13}$  则是 2 个偏置电阻,以保证静默状态时 485 总线维持逻辑 1<sup>[8]</sup>。UART3\_RXD/UART3\_TXDY 与采集终端核心板串口 3 相连接,SP3485 的 RE 引脚连接通过一系列的电路与 UART3\_TXD 相连接,通过 UART3\_TXD 引脚控制 485 的接收和发送状态,简化了后续的程序配置。

I/O 接口采用两路 I/O 输入,用于监测机床的运行状态。在接口电路中采用了 EL827 光耦隔离芯片,实现了电平转换,避免了外部 I/O 直接与多功能 PLC 采集终端 I/O 连接造成采集终端的损坏,提高了终端的安全性。

在实际工作中,各个接口根据上位机软件配置的各个参数读取 PLC 设备的内部数据,读取到的数据经过系统处理后,采用 MQTT 协议传输至服务器。

### 2.2 输出模块设计

在实际工作环境中,终端数据上传至 MQTT 服务器的方式同样受到限制,单一的方式并不能满足需求,所以在该文中设计了 3 种输出模块,即 WIFI 模块、4G 模块以及以太网接口模块。

在 Wi-Fi 模块中采用 ESP8266 连接 Wi-Fi,进而连接 MQTT 服务器。ESP8266 支持 Wi-Fi 标准 802.11 b/g/n,具有 2.4 GHz 频段,支持 WPA/WPA2 加密<sup>[9]</sup>。通过串口与采集终端核心进行通信,基于串口使用 AT 指令集进行配置,具有占用资源少、开发简单等优点。在此终端中 Wi-Fi 模块通过串口 4 与控制核心通信。

在 4G 模块中采用 EC03-DNC 模块进行网络连接,同样基于串口 AT 指令,使用 AT 指令集进行编程配置,大大降低了开发复杂度。此模块通过串口 2 与控制核心相连接。

在以太网接口模块中,对普通的以太网接口进行配置,采用 MQTT 协议与服务器进行通信,根据上位机软件的配置上传数据。

### 3 系统软件设计

#### 3.1 控制流程与方案设计

多功能 PLC 采集终端系统工作程序流程图如图 3 所示。终端共有 3 个模式,分别为出厂模式、配置模式和工作模式。系统启动之后,先读取存储模块中的配置文件,判断配置文件中是否具有配置信息,若有配置信息,则直接进入配置模式;若无配置信息,则进入出厂模式并判断是否收到上位机软件指令,当收到指令时,进入配置模式,若未收到指令,则处于出厂模式等待指令到来。

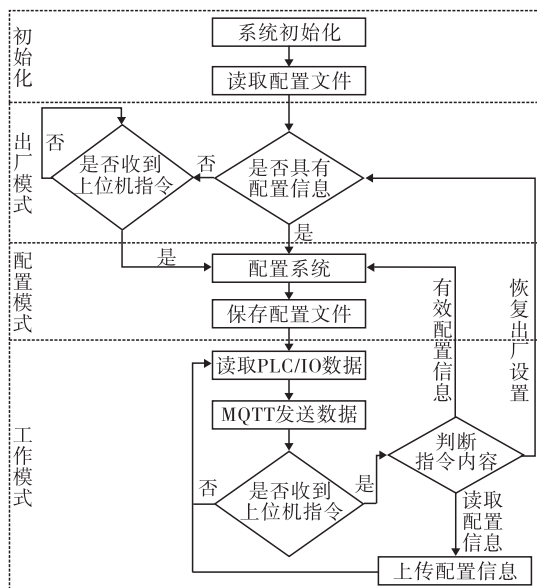


图 3 系统工作程序流程图

当系统进入配置模式时,按照上位机发送的配置指令对系统各功能模块进行配置,配置成功之后将相关配置信息保存至配置文件,之后进入工作模式。

在工作模式中,系统根据上位机软件的配置信息调用不同的输入接口读取 PLC 或 IO 数据,读取完成后根据配置选择相应的输出接口将数据上传至 MQTT 服务器。与此同时,终端时刻判断是否收到上位机指令,若未收到指令,则继续工作;若收到指令,则判断指令内容。此时指令有 3 种情况:第一,收到上传配置信息指令,收到该指令后,终端将此时的配置信息回传至上位机软件,并维持当前工作模式;第二,收到新的有效配置信息,终端暂停当前工作,切换至配置模式,按照新的配置信息对系统参数

进行配置;第三,收到恢复出厂设置指令,此时终端暂停当前工作,切换至出厂模式,等待新配置指令的到来。

#### 3.2 MQTT 服务

终端采用 Linux 系统进行开发,基于 Mosquitto 搭建了 MQTT 客户端。Mosquitto 是一款实现了消息推送协议 MQTT V3.1 的开源消息代理软件,提供轻量级的、支持可发布/可订阅的消息推送模式,使设备与设备之间的短消息通信简洁化。

此终端 MQTT 客户端连接服务器的方式有 3 种,分别是有线网络连接、Wi-Fi 连接、4G 网络连接,可通过上位机根据用户实际需求进行配置。

终端开始工作之后,根据上位机配置信息自动连接指定的 MQTT 服务器,连接成功后即可进行数据实时上传。

#### 3.3 上位机软件设计

终端上位机基于 QT 平台开发,将所有需要配置参数集成在一个界面,使用方便简单,功能完善,可对系统进行灵活配置,为使用者带来极大的便利<sup>[10]</sup>。

上位机主要分为左右两个功能区,左侧是对多功能 PLC 采集终端的基本参数进行配置,可对采集终端的系统参数、读取接口参数以及 MQTT 服务参数进行配置;右侧是多功能 PLC 采集终端读取 PLC 数据配置区,在此功能区中,配置指令的条数可以根据用户需求进行增加或删减,系统工作时会根据每一条配置指令读取相应的数据,之后上传至 MQTT 服务器。

上位机软件通过 SOCKET 与多功能 PLC 采集终端相连,在下方的服务器地址和端口一栏中可配置多功能 PLC 采集终端的 SOCKET 服务器地址以及端口号。当连接成功之后,多功能 PLC 采集终端便可时刻判断上位机软件是否发送配置。

### 4 系统实物测试

多功能 PLC 采集终端实物图如图 4 和图 5 所示,终端控制核心采用了配备 8 GB emmc 卡的 I.MX6ULL 核心板,接口部分有电源输入接口、Modbus TCP 接口、I/O 输入接口、Modbus 485 接口、以太网接口以及调试接口;模块部分有 4G 模块和 Wi-Fi 模块,同时还配备了外置 SD 卡。

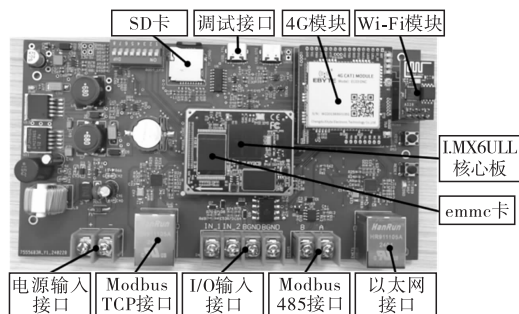


图 4 多功能 PLC 采集终端 PCB 板卡图

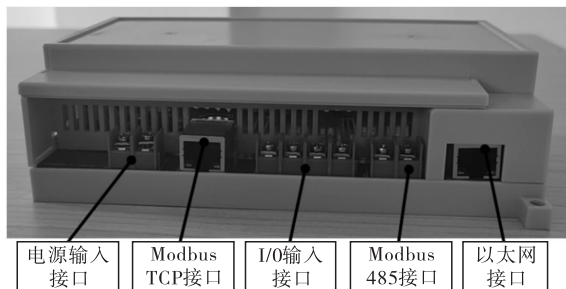


图 5 多功能 PLC 采集终端实物图

在实际测试中,首先在 MQTT 服务器订阅了相关的客户端主题;接着,通过上位机软件对采集终端进行相应配置;最终,实时监控 MQTT 服务器中的数据流。测试结果显示,服务器接收到的数据完全准确,多功能 PLC 数据采集终端成功实现了既定功能。测试结果图如图 6 所示。



图 6 测试结果图

## 5 结论

该文设计了一款多功能 PLC 采集终端,该终端采用基于 Linux 系统开发的 ARM 处理器作为控制核心,结合外部各个功能模块,最终满足了以下功能

指标:

(1)通过 Modbus TCP/485 接口读取 PLC 内部数据;

(2)通过 I/O 接口读取机床运行状态信息;

(3)根据配置信息选择有以太网、Wi-Fi 或者 4G 与服务器进行通信,将读取到的数据传输至 MQTT 服务器;

(4)可将配置文件存储至存储模块,方便自动配置;

(5)通过上位机配置软件与终端连接对终端进行配置。

参考文献:

- [1] 赵巧妮,张文初,刘彤,等.重载机车风源系统智能控制研究[J].工业仪表与自动化装置,2024(01):22-24+29.
- [2] 鲁壮,李波.车间多机床状态实时监测系统研究[J].机床与液压,2019,47(19):77-81.
- [3] 张绚艳,王镇,盛青山.基于物联网的机床动态信息远程监控系统开发[J].工业仪表与自动化装置,2023(03):32-36.
- [4] 谢祥东,李书豪,郭君涛.基于 IMX6ULL 的嵌入式根文件系统构建[J].汽车实用技术,2022,47(13):169-171.
- [5] 张立勋,张永生,高博,等.基于 PLC 的掘锚机防爆电控箱设计及应用[J].隧道建设(中英文),2023,43(S2):558-564.
- [6] 朱一鸣,段金杰,周永康,等.基于北斗卫星通信的射频收发系统设计[J].软件,2023,44(01):52-56.
- [7] 宁颖.基于 UVM 以太网收发器验证平台的搭建与设计[D].长沙:湖南大学,2022.
- [8] 杜祎康,何华刚,梅甫定.基于 STM32 与无线通信技术的煤矿瓦斯预警平台设计[J].煤炭技术,2023,42(10):160-162.
- [9] 田小超.以 STM32 单片机为核心的数据采集与控制电路设计[J].工业仪表与自动化装置,2022(06):25-28+40.
- [10] 刘宏伟.基于 Qt 的多通道振动信号采集仪上位机软件设计[J].现代信息科技,2023,7(03):24-28+32.