

基于STM32的某型无线通信系统控制端机设计

李聪, 向新

(空军工程大学研究生院, 西安, 710038)

摘要 针对某型无线通信系统的功能需求以及无线通信的特点,设计了一种基于STM32微控制器的控制端机。端机采用模块化的设计方法,利用STM32丰富的外设功能和强大的数据处理能力对通信系统的人机接口进行了优化设计,使其具有友好的人机交互方式,并为通信系统提供充足的数据外设端口,实现各个模块之间的逻辑协调。通过实验测试了端机的人机交互、状态监控以及短报文收发功能,测试结果表明:系统的操作界面简洁高效,实现了对无线通信系统的工作状态监控、通信参数设置、射频数据读取以及控制操作的管理,可以实时检测到系统的运行状态;短报文数据收发正常,操作界面上可以同时显示6条通信记录,相较于同类设计有了一定的改进和提高,具有较大的军事实用价值。

关键词 STM32;控制端机;人机交互;状态监控;数据接口;电源管理

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2019.01.016

中图分类号 TN876.3 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2019)01-0096-07

A Design of Wireless Communication System Control Terminal Based on STM32

LI Cong, XIANG Xin

(Graduate College, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: In view of the characteristics of wireless communication and the functional requirements of a certain type of wireless communication system, a control terminal based on STM32 microcontroller is designed. This paper designs a terminal by adopting the modular design method to optimize the man-machine interface of the communication system and by utilizing the rich peripheral devices and the powerful data processing ability of STM32. The terminal has a friendly man-machine interaction mode, and provides a large number of data ports for the communication system, realizing the logical coordination between the modules. Through the experiment, the man-machine interaction, state monitoring and short message sending and receiving functions of the terminal are tested. The test results show that the operating interface of the system is simple and efficient, and the management of the working state monitoring, communication parameter setting, radio frequency data reading and control operation of the wireless communication system is realized. The terminal can detect the running state of the system in real time, and the short message data of the terminal is sent and received normally, and the six communication records can be displayed simultaneously on the control interface. Compared with the same kind of design, this terminal has some improvement and has great practical value for military.

收稿日期: 2018-03-19

基金项目: 陕西省自然科学基金(2014JM2-6106)

作者简介: 李聪(1992—),男,山东枣庄人,硕士生,主要从事多天线分集接收技术研究。E-mail: licongdy@126.com

引用格式: 李聪, 向新. 基于STM32的某型无线通信系统控制端机设计[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2019, 20(1): 96-102. LI Cong, XIANG Xin. A Design of Wireless Communication System Control Terminal Based on STM32[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2019, 20(1): 96-102.

Key words: STM32; control terminal; human-computer interaction; condition monitoring; data interface; power management

随着现代科技的不断发展,无线通信技术作为一种现代军事通信领域中极为重要的通信方式取得了极大的进步,同时各种新技术新方法也不断地被提出,通信系统的功能变得越来越多样,结构也越来越复杂^[1],这就需要有一个控制模块来对通信系统的各个部分进行逻辑协调,使得系统在更高效工作的同时便于进行功能扩展和升级^[2]。

目前无线通信控制系统通常采用的设计方式主要有单 FPGA 和 MCU(微处理器)+FPGA 2 种,其中,采用单 FPGA 设计需要在 FPGA 上同时实现软核 CPU 和数字信号处理 2 个功能,因而会消耗大量的逻辑单元,对 FPGA 的性能要求比较高,成本随之增加,多用于一些对成本尺寸以及能耗不敏感的领域^[3-4]。MCU+FPGA 是被采用较多的设计方式,但是大多数设计对 MCU 的使用不够充分,功能比较单一而且不利于功能拓展和维护^[5]。针对上述问题,设计了一种以 STM32 微控制器为核心器件的某型无线通信系统的控制端机,该端机采用模块化的设计思想,为人机交互模块、电源管理模块、射频功放模块、FPGA 数字处理模块等提供了接口,可以在端机上实现对无线通信系统的工作状态监控、控制操作管理以及通信参数设置等功能。

1 控制端机的整体设计

图 1 所示为该型无线通信系统的整体结构设计框图。

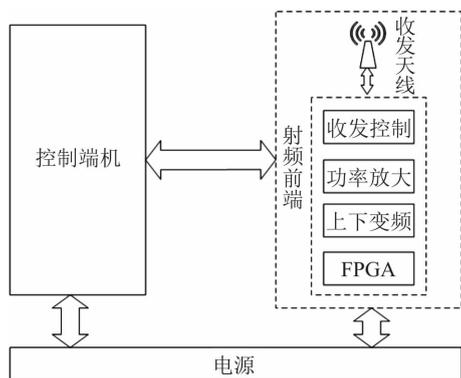


图 1 通信系统功能框图

针对无线通信的特点和需求,控制端机需要为系统提供足够的 IO 接口并能够实现对射频模块的良好控制,同时还要作为系统的信源和信宿完成信息的传输过程。经分析论证,设计的控制端机需要满足以下几项具体功能需求:

- 1) 电压转换和耗电检测
- 2) 报文信息的液晶显示
- 3) 音频 IO 接口
- 4) 系统关键参数可调
- 5) 射频收发控制

为了满足以上功能需求,设计控制端机由微控制器(MCU)、电源管理模块、人机接口模块、射频控制模块、信号处理模块 5 个部分组成,具体的功能结构如图 2 所示。其中,系统的主控制器选择意法半导体(ST)公司的基于 Cortex-M3 内核的 STM32 微控制器,为系统其他部分提供逻辑功能协调和各种外设数据接口。控制端机的人机交互界面主要包括手咪、液晶显示器(LCD)和键盘 3 个部分,其中,手咪作为语音信号的信源和信宿,液晶显示器用于显示短信报文和系统的当前状态(电量、信号强度等),键盘用于相关控制命令输入及功能选择。端机电源管理模块的输入电压是由一块 12 V 锂电池提供的,该模块通过其内部集成的分压器件为 STM32 微控制器提供 3.3 V 的工作电压,同时有专门设计的电量检测电路将电池电量耗用情况发送到主控制器,经过计算后在液晶面板上实时显示。收发控制核数据接口都是面对射频前端的交互模块,前者为前端提供控制信号,后者用来与前端(主要是 FPGA)进行并行数据传输。

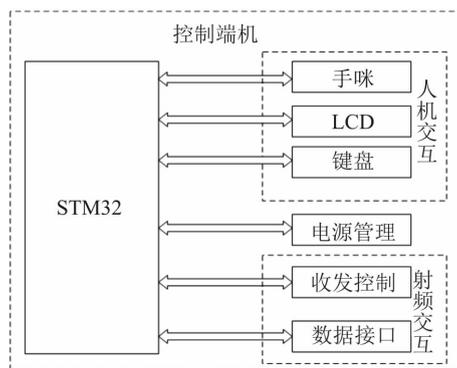


图 2 控制端机功能框图

2 硬件设计

2.1 STM32 片上资源

设计采用 ST 公司生产的 STM32F103ZET6 作为系统的控制核心。STM32F103ZET6 是意法半导体(ST)公司的一款基于 Cortex-M3 内核的 32 位增强型闪存微控制器,集高性能、低功耗、实时应用等优势于一体,可提供高达 72 MHz 的工作频率。

STM32F103ZET6 还提供 512 K 字节的闪存和高达 64 K 字节的 SRAM,其内核电压低至 1.8 V,有诸如睡眠模式、待机模式等多种低功耗方式可供选择。相较于该系列其他型号,STM32F103ZET6 除了系统性能得到提高外,还包含了更多的外设资源,多达 13 个通信接口和 112 个快速 I/O 端口。STM32 微控制器丰富的片上资源极大地简化了系统硬件,同时也大大降低了系统的功耗,这对便携式设备来说是及其关键的^[6-8]。

STM32F103ZET6 内嵌 3 个 12 位的模拟/数字转换器(ADC)和 2 个 12 位带缓冲的数字/模拟转换器(DAC)。每个 ADC 拥有多达 21 个共用的外部通道,能够实现单次或循环扫描以及转换;此外,芯片内部集成的 2 个 12 位 DAC 通道可以用于将 2 路的数字信号转化为相应的模拟电压信号并输出到外部,这项功能的实现得益于多个集成的电阻串和反向放大器的有效组合。STM32F103ZET6 具有 5 个 USART 串行通信接口,包括 3 个通用同步/异步收发器(USART1、USART2 和 USART3),和 2 个通用异步收发器(UART4 和 UART5),除了 UART5 之外所有其他接口都可以使用 DMA 操作^[9-10]。

2.2 电源管理模块

2.2.1 电压转换

设计采用 12 V 直流供电,通过 LM2674-ADJ 将电压稳定到 3.3 V 输出。LM2674-ADJ 是一款采用 LMDMOS 工艺制造的稳压集成电路,可以提供开关式稳压器的所有功能,具有优秀的线路和负载调整能力。LM2674-ADJ 的输入电压范围为 8~40 V,输出电压范围为 1.21~37 V,转换效率高达 96%,可为设计提供稳定的工作电压^[11-12]。

LM2674-ADJ 供电原理如图 3 所示。根据数据手册,芯片内部参考电压 V_{REF} 为 1.21 V, R_1 阻值固定为 1.5 k Ω ,此时可以通过调节 R_2 的阻值来控制输出电压 V_{OUT} 的大小,计算公式如下^[13]:

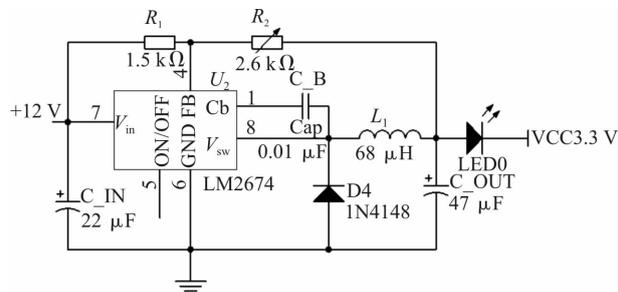


图 3 LM2674-ADJ 供电原理图

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (1)$$

设计要求 $V_{OUT} = 3.3$ V,经计算得到 $R_2 = 2.6$ k Ω 。

2.2.2 电量检测

对于依靠电池供电的便携式移动设备来说,

电量是制约设备工作时间的因素,无论是降低设备的器件功耗还是提高电池的有效容量,目的都是为了增加移动设备的续航时间,因此,实现电池电量的实时监测对于使用电池供电的便携式移动设备来说是很重要的一项功能,使用者可以根据剩余电量提示来合理使用设备,从而避免因突然断电而造成的严重后果。本设计采用带库仑计的电池监控芯片 STC3100 来实现对通信系统的电池剩余电量的实时监控。STC3100 是 ST 公司一款带库仑计的电池监控芯片,它能够监控电池的电压、温度、和电流,集成了一个可编程的 12~14 位的 ADC 和一个用于库仑计计算功能的硬件积分器,所测电流最大可达 2.5 A,分辨率可达 0.2 mAh。STC3100 带有一个 I2C 接口与上位机通讯,并且集成了 32 bytes 的 RAM,用于存储电池的电量或其他特性信息^[13-15]。

图 4 所示为端机的电量检测电路,ROSC 外接 32.768 kHz 的时钟供库仑计使用。

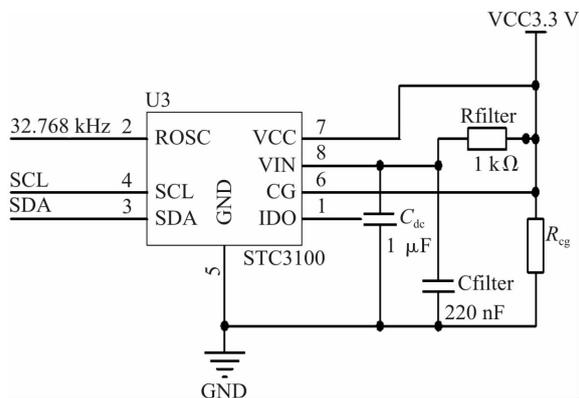


图 4 电量检测电路

STC3100 内部 ADC 对电流采样电阻 R_{cg} 两端的电压进行采样,输出值与采样周期相乘后放入 28 位的累加器中,其中的高 16 位(累积电量)被放入 REG_CHARGE 寄存器中并实时更新,外部控制器可通过 I2C 总线读取 REG_CHARGE 寄存器的值。其实际的电量可以通过下式计算:

$$\text{Charge_data} = 6.70 \times \frac{\text{Charge_code}}{R_{\text{sense}}} \quad (2)$$

式(2)中,Charge_data 表示累积电量,单位是 mA·h;Charge_code 表示 REG_CHARGE 寄存器的 16 位二进制补码;6.70 是 REG_CHARGE 寄存器最低位,单位是 $\mu\text{V} \cdot \text{h}$;为了将 Charge_code 转化为电量,电流采样电阻 R_{cg} 的阻值 R_{sense} 必须被考虑在内。

2.3 STM32 接口电路设计

2.3.1 液晶显示和按键

液晶显示器主要用于短信报文、系统关键参数以及系统设置等信息的显示,是人机交互的重要接

口之一。本设计选择晶联讯公司生产的带中文字库的 JLX256160-681-PC 型 LCD 作为控制端机的显示器, JLX256160-681-PC 与 STM32 的具体硬件连接如图 5 所示。液晶显示器与主控制器的连接采用串行连接方式,其中,ROM_IN、ROM_OUT、ROM_SCK、ROM_CS 分别是字库 IC 的串行数据输出、串行数据输入、串行时钟输入以及片选输入的端口。D0~D7 为显示器的输入数据位,其中 D0 作为 SCK (串行时钟接口), D1、D2、D3 接在一起作为 SDA (串行数据接口), D4~D7 接 VDD 置高^[16-17]。

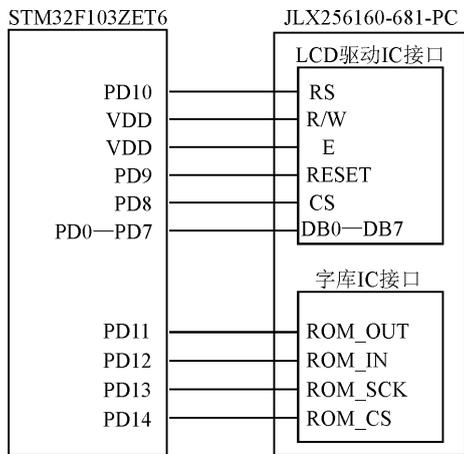


图 5 LCD 与 STM32 硬件接口

键盘作为系统主要的输入设备用于文本的编辑与系统设置的确认。设计采用 4×4 矩阵键盘的形式,这种键盘结构需要 4 条 I/O 线作为行线,另外 4 条 I/O 线作为列线。行线和列线的交叉点就是按键所在的位置,这样键盘中的按键个数可以达到 16 个,有效地提高了系统 I/O 口的利用率。STM32 微控制器的 I/O 端口具备线与的功能,当任意一个键被按下时,行和列都各有一根线参与线与,这样就可以通过运算得出按键的具体坐标从而进一步判断键值。

2.3.2 STM32 与射频模块的接口设计

STM32 和下层射频模块之间通过串口连接进行通信,串口芯片使用 ST3232。ST3232 是一款串口通信芯片,驱动电压为 3 V,它具有 2 个接收端和 2 个发送端。ST3232 可以在保持 RS-232 标准电平输出的同时达到 250 kbps 的传输速率,完全满足设计要求。该芯片的配置电路如图 6 所示,其中 USART_TX、USART_RX 和 MCU_TXD、MCU_RXD 分别连接射频模块和主控制器,端机通过它们向射频端发送控制指令和接收射频端的数据读取请求。USART_PWTX、USART_PWRX 连接射频模块,用于控制端机读取射频板的耗电数据^[18-19]。

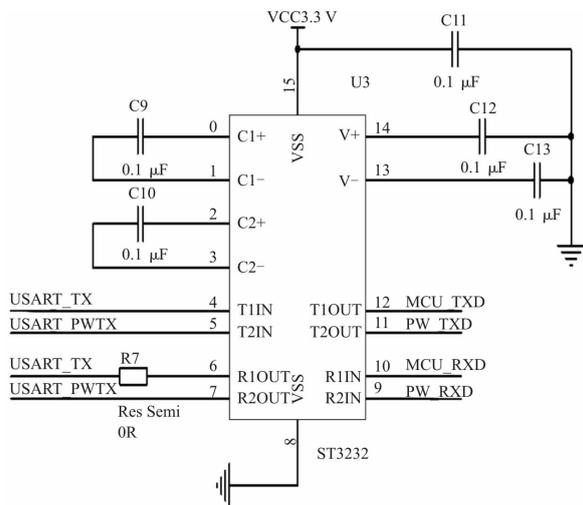


图 6 ST3232 配置电路

为了达到结构紧凑、方便拆卸的目的,端机的控制主板通过软排线与射频模块连接,接入的端口包括供电接口、收发控制接口、状态指示灯接口、控制字收发串口以及 14 位并行数据接口。图 7 为主控制板与射频模块的软排线接口,其部分接口的具体功能与管脚分配情况在表 1 中给出了详细介绍。

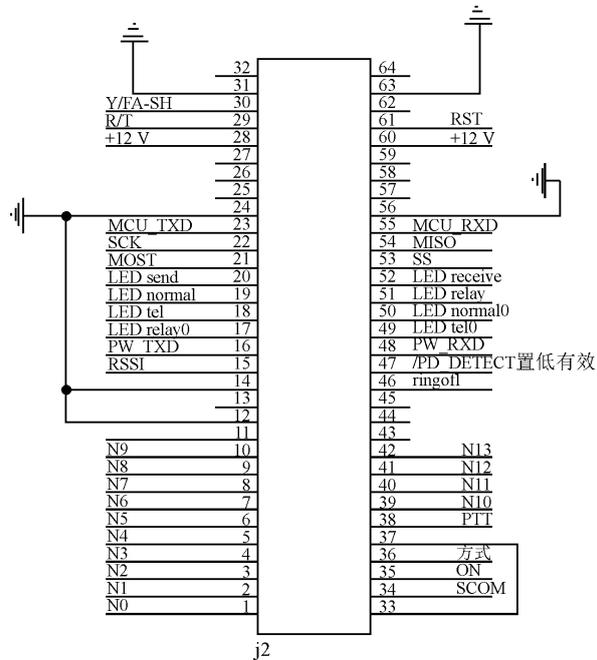


图 7 接口电路设计

表 1 部分接口功能与管脚分配

名称	引脚	功能
Y/FA_SH	PE8	手咪收发控制信号
R//T	PE11	射频收发控制信号
USART_TXD/ USART_RXD	PA9/PA10	STM32 与 FPGA 信号交联串口
N0~N13	PF0~PF13	FPGA 并行数据接口
RST	NRST	全机外复位信号
LED_normal	PE1	常规状态指示信号
LED_send	PE0	发射状态指示信号
ringoff	PE12	挂机指示信号

2.3.3 下载调试接口

STM32 支持 2 种调试方式,第 1 种为标准 20 引脚 JTAG 调试,第 2 种为串行单线调试(SWD)。其中 JTAG 仿真调试方式要求具备 5 根信号线(TDO、TDI、TCK、TEST、TMS),同时还需要具备硬件复位的 RST 触发信号。与标准 JTAG 调试方式相比,串行接口调试方式 SWD 仅需 1 根时钟信号引脚(SWCLK)和 1 根数据信号引脚(SWDIO)即可,因此这种方式的调试速度得到了很大的提高,同时也减少了 GPIO 的使用^[5]。在大数据量和高速模式下 SWD 模式比 JTAG 模式更加可靠,发生下载程序失败的几率更小。市场上的大部分正规仿真器都支持 JTAG 模式和 SWD 模式,考虑到兼容性,本设计采用标准 20 引脚 JTAG 接口,在 STM32 开发环境 MDK 下开发者可以自行选择下载模式为 JTAG 或者 SWD^[20]。调试接口电路如图 8 所示。

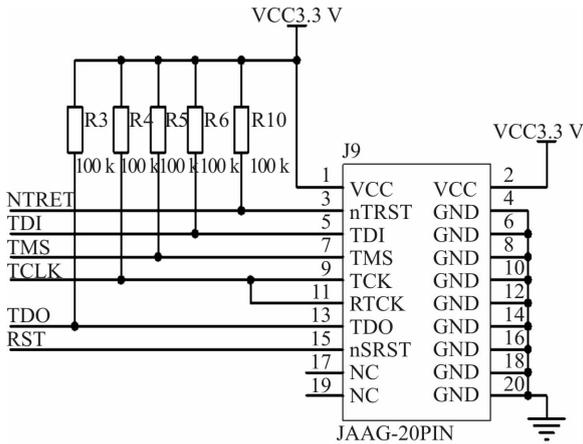


图 8 JTAG 调试接口

3 软件设计

控制端机的软件设计采用高效 ARM 开发环境 MDK(Keil uVision5)作为系统的软件开发平台。

端机的控制程序包括主要包括主程序和数据处理程序两部分,系统主程序主要负责时钟、GPIO 端口以及中断程序的配置,还包括对 Timer(定时器)、ADC/DAC(模数/数模转换器)、串口等模块的初始化。数据处理程序主要包括模数和数模转换以及读取来自射频前端的待处理数据(语音、报文)。

系统上电后,STM32 首先进行系统初始化,然后启动定时器产生定时中断,在中断响应后,判断是发送模式还是接收模式,然后启动 FPGA 的内部逻辑模块进行信号的采集、处理以及数据缓存。1 个采集周期结束后,STM32 响应 FPGA 发出的结束中断请求,开始读取数据处理后的结果并驱动射频模块或者人机交互模块,完成信号的 1 次无线传输

过程^[21]。具体流程如图 9 所示。

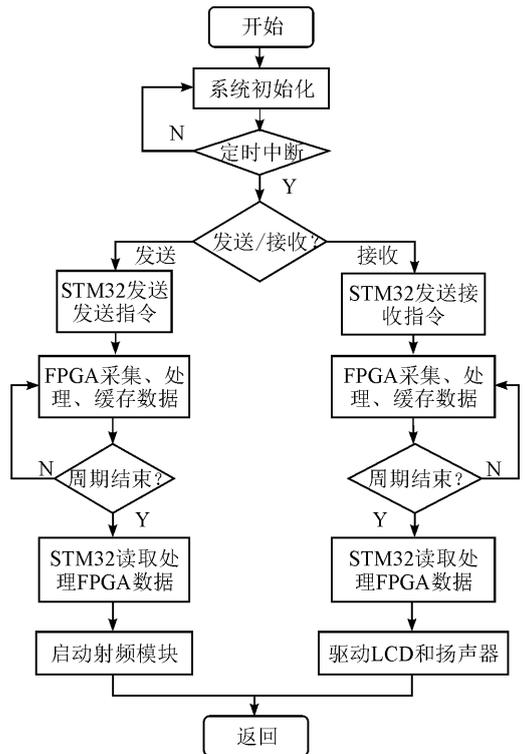


图 9 软件流程图

4 实验结果

4.1 功能设置

设计的端机系统具有良好的人际交互界面,开机之后显示欢迎界面,随后可通过按键进入“设置”界面对系统的波道、日期、时间等参数进行设定。系统设置界面上方是系统状态指示栏,状态栏中有信号强度指示、本机与对机是否可用标志、本机的收发状态标志以及电池剩余电量指示标志,可以实时检测到系统的运行状态。

系统设置界面见图 10。

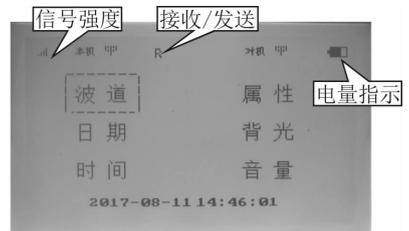


图 10 系统设置界面

4.2 短报文收发测试

设置好系统通信参数之后,对系统的短报文通信功能进行了简单的测试,2 部端机互相发送 4 位数字,本机和对本机的报文通信记录存储在 STM32 的闪存内,交互界面可以同时显示 6 条通信记录。短报文收发测试结果见图 11。

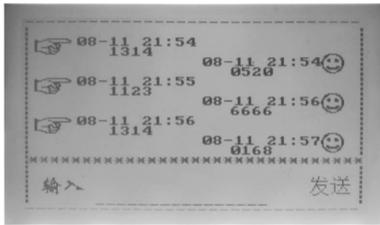


图 11 发送接收测试界面

4.3 控制端机实物

图 12 所示为控制端机测试实物,测试所用电源输入由 1 台 RIGOL 直流电源提供,控制程序通过 J-Link 下载器下载到 SIM32 微控制器,端机通过 3 条排线与系统其他部分连接,通过操作端机可以控制系统各个模块的运行并监测系统各部分的运行状态,端机的液晶显示器上可以观察到系统的各项关键参数和通信记录,测试结果符合预期。

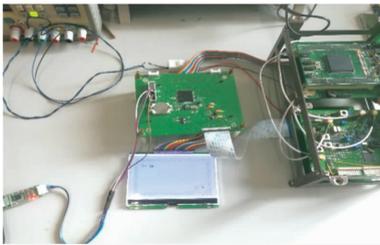


图 12 控制端机实物

5 结语

本设计采用 STM32 单片机作为控制端机的核心器件,为通信系统的其他模块(人机交互模块、电源管理模块、信号处理模块、软件调试模块等)提供接口,很好地实现了各个模块之间的逻辑功能协调,使得系统的操作更为便捷,同时,设计还保留了相当一部分资源方便以后进行功能拓展。测试显示,系统的操作界面简洁高效,实现了无线通信系统的状态监控、通信参数设置、射频数据读取、通信记录显示等功能,较之同类设计有了一定的改进和提高,具有较大的实用价值。

参考文献(References):

[1] 王闯. 一种基于 FPGA 的无线通信系统设计与实现 [D]. 青岛:青岛理工大学,2014.
WANG C. Design and Implementation of Wireless Communication System Based on FPGA [D]. Qingdao:Qingdao University of Technology, 2014. (in Chinese)

[2] 曹彬乾,程远增,杨青. 基于 STM32+FPGA 的数据采集系统的设计[J]. 计算机工程与设计, 2014, 35(4): 1231-1235.

CAO B Q, CHENG Y Z, YANG Q. The Design of Data Acquisition System Based on STM32 + FPGA [J]. Computer Engineering and Design, 2014, 35(4): 1231-1235. (in Chinese)

[3] 张旭,元学广,李世光,等. 基于 STM32 电力数据采集系统的设计[J]. 电子测量技术, 2010, 33(1): 90-93.
ZHANG X, QI X G, LI SH G, et al. Based on the STM32 Power Data Acquisition System Design [J]. Journal of Electronic Measurement Technology, 2010, 33(1): 90-93. (in Chinese)

[4] 王晨辉,吴悦,杨凯. 基于 STM32 的多通道数据采集系统设计[J]. 电子技术应用, 2016, 42(1): 51-53, 57.
WANG C H, WU Y, YANG K. Design of Multi-Channel Data Acquisition System Based on STM32 [J]. Application of Electronic Technology, 2016, 42(1): 51-53, 57. (in Chinese)

[5] 丁力,宋志平,徐萌萌,等. 基于 STM32 的嵌入式测控系统设计[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(S1): 260-265.
DING L, SONG Z P, XU M M, et al. Embedded Measurement and Control System Design Based on STM32 [J]. Journal of Central South University (Nature Science Edition), 2013, 44(S1): 260-265. (in Chinese)

[6] STMicroelectronics. STM32F103xC/D/E Datasheet [EB/OL]. (2015-1-1) [2017-12-26]. <http://www.st.com>.

[7] 孙林军,贺锋涛. 基于 STM32 控制液晶的接口实现[J]. 电视技术, 2013, 37(1): 77-79.
SUN L J, HE F T. Interface Implementation Based on STM32 Control Liquid Crystal [J]. Television Technology, 2013, 37(1): 77-79. (in Chinese)

[8] 周永龙,雷金奎. 基于 STM32 的数字舵机控制系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(1): 66-68.
ZHOU Y L, LEI J K. Design of Digital Servo Control System Based on STM32 [J]. Computer Measurement and Control, 2011, 19(1): 66-68. (in Chinese)

[9] 孙启富,孙运强,姚爱琴. 基于 STM32 的通用智能仪表设计与应用[J]. 仪表技术与传感器, 2010(10): 34-36.
SUN Q F, SUN Y Q, YAO A Q. The Design and Application of General Intelligent Instrument Based on STM32 [J]. Instrumentation Technology and Sensor, 2010(10): 34-36. (in Chinese)

[10] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008: 63-89.
LI N. Development and Application of STM32 Processor Based on MDK [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2008: 63-89. (in Chinese)

[11] 曹志鹏,王健. 便携式仪表锂电池充电管理和电量检测的实现[J]. 电子器件, 2010, 33(1): 97-100.

- CAO Z P, WANG J. Realization of Battery Charging Management and Electric Power Detection of Portable Instruments [J]. *Electronic Devices*, 2010, 33(1):97-100. (in Chinese)
- [12] 赵秋明,许丰灵,肖龙. 基于STM32的便携式阻抗测量装置的设计[J]. *仪表技术与传感器*, 2016(1):33-36.
- ZHAO Q M, XU F L, XIAO L. Design of Portable Impedance Measurement Device Based on STM32 [J]. *Instrumentation Technology and Sensor*, 2016(1):33-36. (in Chinese)
- [13] 程宇菡. 锂电池电量检测系统设计[D]. 成都:电子科技大学,2014.
- CHENG Y X. The Design of Lithium Dattery Power Detection System [D]. Chengdou: University of Electronic Science and Technology of China, 2014. (in Chinese)
- [14] 汤莉莉,黄伟. 基于STM32的FSMC接口驱动TFT彩屏设计[J]. *现代电子技术*, 2013, 36(20):139-141.
- TANG L L, HUANG W. Based on STM32 FSMC Interface Driver TFT Color Screen Design [J]. *Modern Electronic Technology*, 2013, 36(20):139-141. (in Chinese)
- [15] 梅丽凤,王艳秋. 单片机原理及接口技术[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- MEI L F, WANG Y Q. Principle and Interface Technology of Single Chip Microcomputer [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009. (in Chinese)
- [16] 季力. 基于STM32芯片的电参数测量与数据传输[J]. *自动化与仪器仪表*, 2010(3):137-139.
- JI L. Electrical Parameter Measurement and Data Transmission Based on STM32 [J]. *Automation and Instrumentation*, 2010(3):137-139. (in Chinese)
- [17] 王延文,王尔申,唐远江,等. 便携式北斗通信定位终端系统的研究与设计[J]. *电子器件*, 2017, 40(6):1404-1407.
- WANG Y W, WANG E S, TANG Y J, et al. Research and Design of Portable Beidou Communication Positioning Terminal System [J]. *Electronic Devices*, 2017, 40(6):1404-1407. (in Chinese)
- [18] 朱晓鹏,肖铁军,赵蕙. ARM+FPGA的实时数据采集系统设计[J]. *计算机工程与设计*, 2009, 30(13):3088-3089.
- ZHU X P, XIAO T J, ZHAO H. Design of Real-Time Data Acquisition System of ARM+FPGA [J]. *Computer Engineering and Design*, 2009, 30(13):3088-3089. (in Chinese)
- [19] 崔小玲,侯思祖,张璇,等. 基于STM32的智能终端的设计与实现[J]. *电力系统通信*, 2012, 33(5):76-79.
- CUI X L, HOU S Z, ZHANG X, et al. Design and Implementation of Intelligent Terminal Based on STM32 [J]. *Power System Communication*, 2012, 33(5):76-79. (in Chinese).
- [20] 邸兴,陈贝,韩俊. 基于STM32的便携式人机界面系统[J]. *电子设计工程*, 2011, 19(5):94-97.
- DI X, CHEN B, HAN J. Portable Man-Machine Interface System Based on STM32 [J]. *Electronic Design Engineering*, 2011, 19(5):94-97. (in Chinese)
- [21] 孙书鹰,陈志佳,寇超. 新一代嵌入式微处理器STM32F103开发与应用[J]. *微计算机应用*, 2010, 31(12):59-63.
- SUN S Y, CHEN Z J, KOU C. Development and Application of the New Generation Embedded Microprocessor STM32F103 [J]. *Microcomputer Application*, 2010, 31(12):59-63. (in Chinese)

(编辑:徐楠楠)