

使用安卓设备调试自动化设备的设计与实现

饶丰江, 苏兆盛, 田凡

(武汉海王机电工程技术有限公司, 武汉 430000)

摘要: 移动便携式设备的高速发展和普及应用, 例如手机, 设备上集成的功能越来越多, 已经应用到各行各业中; 自动化行业市场对使用安卓设备调试自动化设备也有急切的需求, 设计基于 Cortex-M3 内核的控制器与安卓设备数据交互, 经过使用数据线或者开启设备蓝牙功能就可以进行设备安装、调试、检修等功能, 系统具有结构简洁, 使用方便、配置灵活等特点, 经实际应用满足了在膨胀节检测系统调试上的应用, 给调试人员提供便利。

关键词: Cortex-M3; 安卓设备; 蓝牙 4.0; USB HID OTG

Design and Implementation of Debugging Automation Equipment Using Android Equipment

Rao Fengjiang, Su Zhaocheng, Tian Fan

(Wuhan Haiwang Mechanical Electronic Engineering Technology Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

Abstract: The rapid development and popularization of mobile portable devices, such as mobile phones, have more and more integrated functions, and have been applied to all walks of life. The automation industry market also has urgent needs for the use of Android equipment debugging automation equipment, the design based on the Cortex-M3 kernel controller and the Android device data interaction, through the use of data lines or to open the device Bluetooth function can carry out equipment installation, debugging, maintenance and other functions, the system has a simple structure and convenient use, flexible configuration and other characteristics, through practical application to meet the expansion joint inspection system debugging, to facilitate commissioning personnel.

Keywords: Cortex-M3; Android equipment; Bluetooth 4.0; USB HID OTG

0 引言

随着我国科学技术的发展, 自动化设备应用越来越广泛, 安装于室外的设备越来越多, 例如自动化城市建设, 自动化铁轨建设, 自动化管路建设应用已经非常普遍。对于复杂设备的调试, 传统方式是配置显示屏, 而安装于室外的设备往往会无人看守, 设备厂家并不希望无关人员看到设备调试信息, 且安装显示屏对设备的成本、功耗和体积都会有所增加。基于这种现状, 安装于室外的设备调试往往是由调试人员自备调试电脑现场连接进行调试。而电脑等设备, 调试时在现场需要放置平台、依拖等, 这在高空作业, 狭窄管道, 预埋设备等环境调试时, 会带来诸多不便。而且电脑电池待机能力有限, 室外现场不一定具备充电条件, 中途充电会极大的降低工作效率。笔者介绍的调试方式使用安卓设备(安卓手机、pad等), 具有携带方便, 待机能力强, 还可以使用充电宝充电等优势。此调试方法适用场景还包含使用分布式结构的大系统。分布式结构往往各设备间距离较远, 系统构架决定了其所有信息都传入集中控制室内, 而单个设备调试不方便, 使用本方法可以很好地解决这个问题。

笔者以安装在管道上的膨胀节检测设备为例, 介绍其

安装调试使用安卓设备的方法, 膨胀节是在管道(烟、风管道)中间设置的、能补偿管道长度方向上的热胀冷缩量并保持管道密封性的装置。补偿管道长度变化的附件, 又称伸缩节或补偿器^[1]。膨胀节在航天、化工、消防等管道系统中应用越来越广泛, 使用寿命与管路压力、温度和使用次数有关, 膨胀节使用次数用尽, 对于传输介质为高温、高压、高危等工况是很大的隐患。膨胀节检测设备安装于管路上, 用于采集存储膨胀节的状态信息。膨胀节安装环境条件特殊, 检修不方便, 安装分布位置广。本设计调试膨胀节检测设备时采用数据线接入手机, 对于剩余空间狭窄等不方便靠近的设备, 采用蓝牙方式接入。

1 系统总体设计

系统目标是可以通过安卓设备设置膨胀节检测设备基本参数, 获取其工作状态、传感器测量值等信息。本文重点讲通讯实现的技术要点。

针对这种需求, 笔者设计基于 ST 公司的 ARM Cortex-M3 内核的控制器作为膨胀节检测设备 MCU, 膨胀节检测设备通过数据线或蓝牙连接安卓设备, 同时针对性的开发安卓端软件用于设备调试。现场人员可以根据实际情况安装使用数据线或者蓝牙。膨胀节检测设备采集数据, 通过 USB 或者蓝牙发送到安卓设备端, 安卓设备记录分析存储数据, 同时把用户对系统功能、参数等设置发出来给膨胀节检测设备。采用 ARM Cortex-M3 内核的控制器 STM32 在通讯方面有丰富的接口选择: IIC 接口(SMBus/

收稿日期: 2018-05-09; 修回日期: 2018-06-04。

作者简介: 饶丰江(1990-), 女, 江西赣州人, 大学, 工程师, 主要从事电气自动化设计方向的研究。

PMBus)、USART 接口、SPI 接口、CAN 接口 (2.0B)、USB 2.0 全速接口等^[2]。根据项目资源要求本设计选取的芯片型号是 STM32F103RBT6, 内置 128 KB Flash、20 K 的 RAM, 处理器最高工作频率 72 MHz。

1.1 数据线通讯方式

膨胀节检测设备通过数据线与安卓设备通讯的实现基于 USB HID 技术, HID 是 Human Interface Device 的缩写, HID 设备是直接与人交互的设备, 例如键盘、鼠标与游戏杆等, 不过 HID 设备并不一定要有有机接口, 只要符合 HID 类别规范的设备都是 HID 设备^[3]。STM32 部分芯片内部集成了 USB 外设, 可以大大提升设计速度、节约成本、提高了 USB 电路设计准确性, 只需设计 USB 接口电路, 就可以实现基于 STM32 芯片的电路板的 USB 通信设计^[2]。STM32F103RBT6 支持 USB HID 模式, 更是有全速和低速两种通讯模式可配置, 具有数据传输速率快、效率高、集成度高、配置灵活等特点。全速设备理论通讯速度可以达到 12 Mbps。

安卓设备能外接调试设备基于 USB OTG 技术。USB On-The-Go 通常缩写为 USB OTG, 是 USB2.0 规格的补充标准^[4]。它可使 USB 设备, 例如播放器或手机, 从 USB 周边设备变为 USB 主机, 与其他 USB 设备连接通信。USB 具有高速度、低成本、低功耗、即插即用等优点^[5]。在正常情况下, 这些支持 OTG 的 USB 设备和 USB 主机 (如台式机或者手提电脑), 仍然作为 USB 周边设备使用^[4]。Android 系统可以通过 USB 配件模式连接像机器人控制器, 扩展坞, 音乐设备, 读卡器等这些配件; USB 主机模式支持各种各样的 USB 外设和 Android USB 配件, 像数码相机, 键盘鼠标和游戏手柄等附属设备^[4]。这两种模式在 Android3.1 (API 12) 及以上都是直接支持的^[6]。本设计通过 Android 系统设置配置为 USB 主机模式, 连接到 Android 上的 USB 设备会把 Android 类似的看作是一台 PC 机。膨胀节检测设备就相当于 USB 的配置端, 使用安卓设备系统结构配置专用的 OTG 线用于连接外设, 膨胀节检测设备便可以正常的和 Android 应用交互。

图 1 为数据线连接系统示意图, 电路设计中采用 STM32 自带 USB 口, 连接通用的安卓数据线, 安卓数据线通过 OTG 接口连接安卓设备。电路板上的 USB 接口可以采用 USB 母座、mini USB 母座或者 micro USB 母座, 这样设计方便接入电脑, 若确定不接入电脑, 电路板上可采用 Type USB 母座设计, 接线时就不需要 OTG 接口, 方便直接使用手机数据线接入。STM32 设计主要包括供电、时钟、复位和其他传感器的接入。

1.2 蓝牙通讯方式

蓝牙在空旷地蓝牙传输有效距离为 10 米, 具有一定的穿透性。蓝牙 4.0 将 3 种规格集一体, 包括传统蓝牙技术、高速技术和低功耗技术, 数据传输速率达到 24 Mbit/s, 并且具有低功耗、3 毫秒低延迟、超长有效连接距离、AES-128 加密等特点^[7]。本设计采用蓝牙 4.0 技术, 极大的满足了设计要求, 保证了系统稳定性。

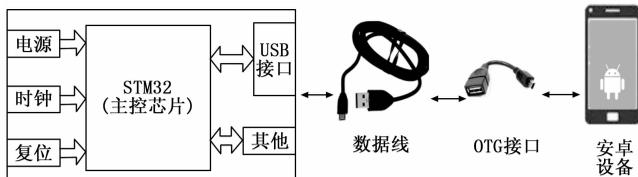


图 1 数据线连接系统示意图

蓝牙系统采用灵活的无基地的组网方式, 蓝牙的组网方式有 3 种, BR/EDR、Bluetooth Low Energy 和 Bluetooth mesh^[8]。其中 BR/EDR, 也就是常说的经典蓝牙。蓝牙耳机和遥控器的按钮, 这种方式是点对点, PAN, personal area network^[8]。本系统使用的是控制器与安卓设备间的对称连接, 采用 BR/EDR 连接方式正适合。

图 2 为蓝牙连接系统示意图, 电路设计中 STM32 通过串口方式与蓝牙模块连接, 蓝牙模块发出并检测蓝牙信号, 安卓设备端开启蓝牙之后, 就可以与膨胀节检测设备进行通讯。

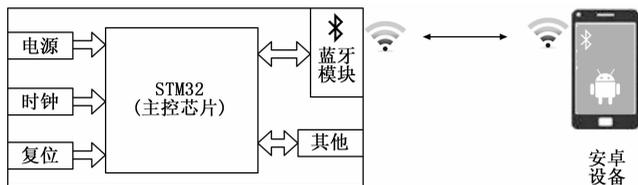


图 2 蓝牙连接系统示意图

2 系统软硬件设计

通过上诉方案可见, 膨胀节检测设备与安卓设备通过数据线或者无线蓝牙连接通讯简便可行, 下面分别从硬件设计和软件设计两方面介绍的实现方法。

2.1 系统硬件设计

USB 有主从之分, 膨胀节检测设备在这是做从机, 相对应的安卓设备就是主机。膨胀节检测设备端 USB 部分的硬件设计主要是 STM32 和 USB 端子接口连接, 图 3 是二者连接的硬件连接电路图。系统供电电压为 3.3 V, 系统设计直接采用 STM32 的 USB 口作为通讯接口。USB 是一种差分总线, 数据由正、负信号的差值所决定^[9]。电路中 USBDP 为正, USBDM 为负, STM32 的 USB 模块遵循 USB2.0 全速设备标准, 从机作为全速设备只需在 USBDP 线加上拉 1.5 K 电阻。Q1 是一个三极管, 做开关用, 当开关开启时, USB 主机设备开始枚举该 USB 设备; 当不使用 USB 方式连接时, 开关关闭, USB 断开连接。本设计中的 USB 座采用 mini USB 母座, 方便用户使用数据线连接。膨胀节检测设备设计电路中还应包含电源电路、时钟电路、复位电路和完成系统功能的测量控制电路。系统增加一块 FLASH 芯片, 在设备运行期间用于记录和保护重要参数和故障信息等, 即使掉电也能保存下来, 下次调试可以上机查看分析故障原因。现场使用环境恶劣, 为了达到最好的使用效果, 系统 PCB 布线需要划分合理, 设备具有抗干扰的能力。

蓝牙通讯的硬件设计主要包括 STM32 和蓝牙模块, 这里选用的蓝牙模块是 CC2541 低功耗蓝牙模块板, CC2541

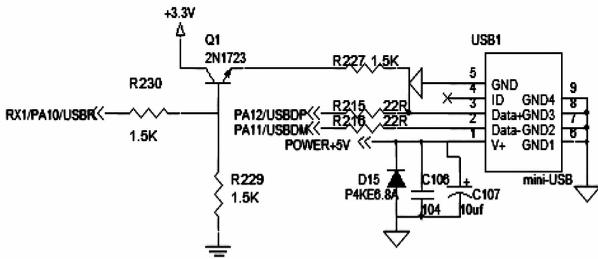


图 3 USB 从机电路设计

蓝牙模块板支持蓝牙 4.0 版本，是蓝牙主从一体模块，具备透传、远控、PIO 采集 3 种功能，可以通过 AT 指令集进行切换和设置。连接设备支持安卓、苹果、PC、MAC。具有收发无字节限制，最高可达 3K Bytes/s 的特点^[7]。图 4 给出了二者连接的硬件连接图。STM32 与蓝牙模块通过串口连接，系统正常供电，蓝牙模块串口通讯引脚 RX 和 TX，分别与 STM32 的串口引脚连接，使能端 EN 与 STM32 的 IO 口连接，作为开关控制蓝牙设备的开启与关闭。系统可以设置一个开关控制蓝牙设备的启停，在不使用蓝牙期间关闭蓝牙，可以节省不必要的能耗，同时保护数据安全。

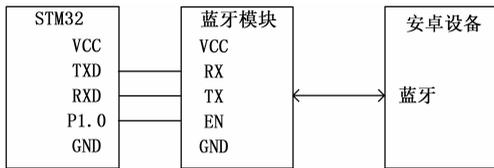


图 4 蓝牙模块电路设计

2.2 系统软件设计

系统软件设计主要在于膨胀节检测设备端软件设计和安卓设备端软件设计。

2.2.1 膨胀节检测设备端软件设计

STM32 USB 支持双向 8 个端点，即 8 个 IN 端点和 8 个 OUT 端点，硬件实现 CRC 自动生成/校验，NRZI 编码/解码和 bit-stuffing，支持控制传输，中断传输，大容量传输和同步传输 4 种传输类型，支持 USB 挂起和唤醒^[4]。

本系统软件实现是需要将 STM32 的 USB 枚举为 HID 设备。STM32 官方提供的固件库含 USB 固件库，基于固件库做移植，充分利用可靠资源，可以极大的提高设计和调试效率^[10]。USB 固件库的移植：在移植程序中添加 USB 相关文件，修改设备配置描述符，调取 USB 的函数。本例程中，用到了 3 个 USB 端点，实现上位机与下位机间双向通信。EP0 为控制端点（系统默认端点 0 作为控制传输端点），EP1 为 INTERRUPT OUT 端点（数据输出端，即上位机向 MCU 发送数据段），EP2 为 INTERRUPT OUT 端点（数据输入端，即 MCU 向上位机发送数据）。启用 STM32 设备需要对 USB 口进行初始化，需要配置 USB 中断、设置 USB 时钟，再开启 USB 端口。开启之后主设备会对接入的从设备开始枚举，枚举成功之后加载驱动就能在主机硬件设备中看到接入的 HID 设备。HID 设备用 PID/VID 唯一标识。软件设计时需开辟 USB 收发缓冲区，用于接收和发送数据。USB 接收函数用于定时解析 USB 收缓冲

区数据，USB 发送函数用于发出一段数据。

蓝牙模块上电使能之后可以发出蓝牙信号。膨胀节检测设备与安卓设备通讯需要设置成从机模式，蓝牙模块与 STM32 采用串口通讯方式。通过 AT 指令集控制蓝牙模块，完成配置模式，搜索配对，收发数据的功能。使用蓝牙模块控制上的优点在对于 MCU 来说只需要操作简单的串口，就可以实现蓝牙通讯。使用 STM32 串口需要配置串口中断、设置通讯频率之后开启。

为保证数据通讯稳定性和数据准确性，主从机通讯使用的软件通讯协议的内容应该包含开始字符串，命令字符串，数据字符串，校验位。并规定由主设备发送命令请求，从设备相应命令请求。例如主设备发送获取历史记录命令请求，从设备收到之后，把系统中保存在 FLASH 上的历史数据依次发出，主设备接收后解析显示。

2.2.2 安卓调试软件设计

安卓软件开发平台采用 Android Studio，由谷歌发布的一款非常好用的 Android 集成开发环境工具。安卓端软件设计需要有设置界面，可以设置通讯模式为 OTG 通讯或蓝牙通讯，并在调试界面显示接入方式；消息界面用户记录警告信息；调试界面显示调试数据，可以绘制曲线。另外一些附加功能，待办事件显示需要调试的设备信息，包括设备地点、安装位置、简介等；设备资料显示当前连接设备的详细设备信息和历史维修记录等。为了保护数据的安全性，系统需要建立用户数据库，配置用户权限，采用账户登录方式，方便管理整个系统。

OTG 功能本为 Android 3.1 及以上底层所支持，并提供了相应的 API^[4]。对于安卓设备，OTG 属于系统功能，不需要另外开发驱动。使用安卓 OTG 功能需要设备打开系统设置中的 OTG 功能，并设置成 USB 调试模式^[6]。调试软件设计流程图如图 5 所示，首先在安卓系统中使用 USB 设备，需要获取到明确的用户许可，之后在程序界面列举出已经接入的 USB 设备，用户选择设备之后获取该 USB 接口，并为它分配端点，打开并连接 USB 设备，连接正常之后就可以进行数据通讯。

在蓝牙 4.0 之前为传统蓝牙，从蓝牙 4.0 开始我们称之为低功耗蓝牙也就是蓝牙 BLE。需要 android 4.3 及以上版本才支持 BLE API^[11]，低版本只支持传统蓝牙。低功耗蓝牙较传统蓝牙，传输速度更快，覆盖范围更广，安全性更高，延迟更短，耗电极低等等优点^[7]。使用蓝牙必须要打开安卓设备蓝牙功能。软件流程图如图 6 所示，获取权限和本地蓝牙适配器之后就可以查找附近已配对或可用设备列表，再连接配对设备连接正常之后才能数据交互。

3 实验结果

将本设计的硬件和软件实现之后进行通讯调试，文中所诉的安卓设备在这里采用的安卓手机做测试对象，选用的手机支持 OTG 通讯，系统为 android 4.4，图 7 为安卓手机调试界面图。在设置界面选择采用 OTG 通讯和蓝牙通讯分别测试与膨胀节检测设备通讯情况，都能正常得进行数

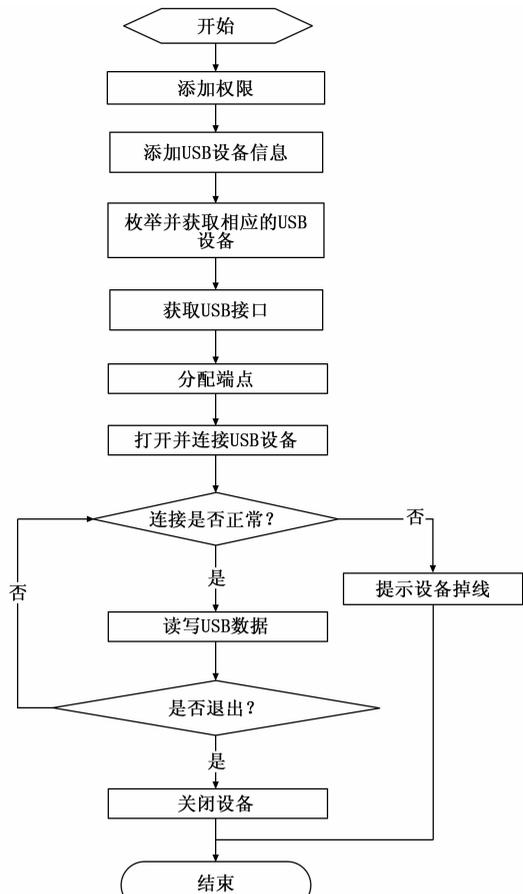


图 5 OTG 通讯软件流程图

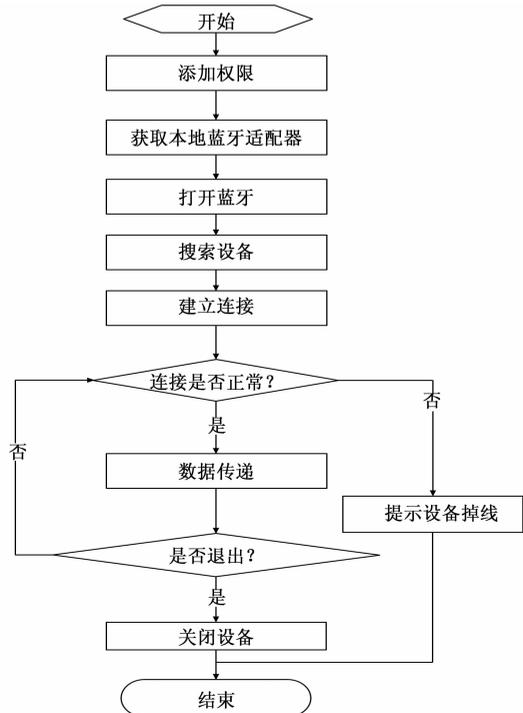


图 6 蓝牙通讯软件流程图



图 7 安卓设备界面图

4 总结

本文实现了采用 STM32 控制的 USB HID 通讯和蓝牙模块与安卓设备通讯, 达到方便、灵活调试和配置自动化设备的目的。系统采用 USB HID OTG 在安卓和 Win7 系统相当于免驱, 大大得减轻了开发负担。针对设备需求开发安卓端软件可以方便操作人员操作和调试, 使用账号登录方式可以大大提高数据的安全性。在整个系统稳定之后, 膨胀节检测设备端 USB 接口可以直接换成 type USB 母座, 这样只需要安卓设备充电线即可调试, 系统简单便捷。采用蓝牙通讯弥补了设备安装位置不方便接线的缺陷。通过结果证明, 本系统可以大大减轻设备安装、调试、检修时的困难, 达到系统设计的目标。使用安卓设备调试还可以方便的将调试数据发往云端, 方便数据分析和存储, 还可以方便工程师远程指导现场调试等。

参考文献:

- [1] 李永生, 李建国. 波形膨胀节实用技术: 设计、制造与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社工业装备与信息工程出版中心, 2000.
- [2] 陈峰峰, 胡毅, 许艳. STM32F10x 在应用中编程的实现方法 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2009 (9): 25-27.
- [3] 扶文树, 何军, 陆信如. USB HID 数据通信接口的设计与实现 [J]. 工业控制计算机, 2009, 22 (2): 8-10.
- [4] 周立功, USB 2.0 与 OTG 规范及开发指南 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [5] 杨晶晶, 江春华. USB HID 设备驱动程序设计 [J]. 微计算机信息, 2006, 22 (17): 140-142.
- [6] 宋小倩, 周东升. 基于 Android 平台的应用开发研究 [J]. 软件导刊, 2011, 10 (2): 104-106.
- [7] 徐金苟. 低功耗蓝牙 4.0 协议原理与实现方法 [J]. 微型电脑应用, 2012, 28 (10): 16-19.
- [8] 萧 暉, 杨 涛. 蓝牙核心技术 [J]. 电信科学, 2001, 17 (1): 18-22.
- [9] 许永和. EZ-USB FX 系列单片机——USB 外围设备设计与应用 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2002 (9): 29.
- [10] 黄智伟, 王 兵, 朱卫华. STM32f32 位 ARM 微控制器应用设计与实践 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.
- [11] 杨丰盛. Android 应用开发揭秘: Android unleashed [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

据交互, 膨胀节检测设备在实际项目使用中表现良好, 系统测试结果满足系统设计的要求。