

• 光电技术与应用 •

用于激光治疗仪的直连型蓝牙脚踏开关设计

宋丽民^{1 2}, 代媛媛^{1 2}, 钟海文^{1 3}, 刘 磊^{1 2}, 高志坚¹, 曹军胜¹

1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033;

2. 中国科学技术大学, 合肥 230026;

3. 中国科学院大学, 北京 100049

摘 要: 传统脚踏开关需要较长的导线输出控制信号存在一定的安全隐患, 而且市面上的蓝牙脚踏开关无法与嵌入式设备实现直连控制。针对以上问题, 基于 STC15W204S 单片机设计一款可以与嵌入式设备直连控制的低功耗蓝牙脚踏开关, 采取一对一的连接方式, 断开后无需选择可直接连接, 且采用低功耗设计极大降低整机功耗和免去导线的牵绊, 增加了脚踏开关的移动性和适用性。

关键词: 蓝牙; 脚踏开关; 51 单片机; 低功耗

中图分类号: TN248 文献标识码: A doi: 10. 14016/j. cnki. jgzz. 2020. 09. 174

New Bluetooth foot switch for direct connection to embedded devices

SONG Limin^{1 2}, DAI Yuanyuan^{1 2}, ZHONG Haiwen^{1 3}, LIU Lei^{1 2}, GAO Zhijian¹, CAO Junsheng¹¹Changchun Optic Fine Mechanical and Physical Institution, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China;²Chinese University of Science and Technology, Hefei 230026, China;³Chinese University of Science, Beijing 100049, China

Abstract: Traditional foot switches require a long wire to output control signal with certain safety hazards, and the Bluetooth foot switch on the market cannot be directly connected to the embedded device. In view of the above problems, this paper designs a low-power Bluetooth foot switch that can be directly connected to the embedded device based on the STC15W204S MCU. It adopts a one-to-one connection mode, there is no need to select a direct connection after disconnection, and the low power consumption design greatly reduces the power consumption of the whole machine and eliminates the lead of the wire, which increases the mobility and applicability of the foot switch.

Key words: bluetooth; foot switch; 51 single chip microcomputer; low power consumption

1 引言

随着人们对工作和生活的便利需求越来越高, 脚踏开关作为替代双手达到控制目的的设备越来越被人们所熟知, 特别的在医疗器械、印刷机械和纺织机等设备中应用越来越广泛^[1]。但老式的脚踏开关都是通过导线将内部行程开关触点的通断信号输送到相应设备中, 存在较大的安全隐患。近些年随着科学技术的发展, 出现了无线脚踏开关, 其中蓝牙脚踏开

关应用最为广泛^[2-3]。虽然市面上的蓝牙脚踏开关弥补了传统脚踏开关的不足, 但这些蓝牙脚踏开关无法与嵌入式设备实现直连控制。为解决以上问题本文基于 STC15W204S 和 HC-08 蓝牙模块设计一款可与嵌入式设备直连控制的低功耗蓝牙脚踏开关, 以实现脚踏开关对嵌入式设备快速准确的无线控制和较低的功率损耗, 达到增加脚踏开关的移动性和适用性效果。

2 方案选择

本设计的蓝牙开关与嵌入式设备之间采取直连控制方式, 即采取一对一的连接方式, 在两者连接一次后, 本设计的蓝牙开关便记录配对对象, 需要再次连接时无需选择直接连接, 这样避免现有蓝牙开关和其他设备在断开后再次建立连接都需重新进行配对选择的问题, 且采用低功耗芯片进行整机设计和蓝牙

收稿日期: 2020-03-07

基金项目: 吉林省科技计划项目(No. 20180201051YY、20190304120YY); 长春市科技创新重大专项项目(No. 17YJ012)

作者简介: 宋丽民(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事电路与系统方面的研究。E-mail: lm39@mail. ustc. edu. cn

通信作者: 曹军胜(1978-), 男, 博士, 硕士生导师, 主要从事电路与系统方面的研究。E-mail: caojss@jlu. edu. cn

http : //www. laserjournal. cn

断开连接直接关闭蓝牙模块供电电源的方式,极大降低了功耗。

2.1 蓝牙脚踏开关控制原理

在连接距离内,蓝牙脚踏开关和带有蓝牙功能的嵌入式设备通过内部蓝牙协议自动扫描实现配对连接,然后进行控制信号的传输,无需额外的设备设置。控制信号是通过 RF(2.4 GHz) 载波实现低功耗、高速的传输,从而对嵌入式设备实现快速、可靠的控制。其中蓝牙模块和主控单片机直接通过串口透传进行连接,之后开关的通断信号便可以通过单片机串口传输给蓝牙模块。

2.2 系统设计

系统设计框图如图 1 所示,当用户脚踩踏下开关,使得开关内的行程开关内部触点连通,经过硬件消除抖动后将用户的踩踏信号传入单片机,然后单片机经过判断后将有效的踩踏信号通过串口透传给蓝牙模块,最后通过蓝牙模块将控制信号传送给相连接的嵌入式设备,并通过报警指示模块对蓝牙连接和电源状态清晰展现。

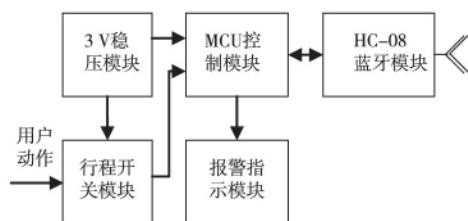


图 1 系统总体框图

3 硬件电路的设计

3.1 MCU 主控模块电路

MCU 控制模块采用中国深圳宏晶科技公司生产的 STC15W204S 单片机,该芯片工作电压范围宽(2.5 V ~ 5.5 V),功耗低,且不需外部晶振和复位电路,内部时钟从 5 ~ 35 MHz 可选,具备单串口和双外部中断,采用的 SOP8 封装更有利于小型系统集成。本设计中所选用的时钟频率为 11.059 2 MHz,为降低功耗所采用的电源电压为 3 V,单片机的 P32 接行程开关模块,P33 接蓝牙模块连接状态输出引脚,P54 接电源电量指示灯,P55 接蓝牙模块电源控制端,P31 和 P30 分别接到蓝牙模块的 RXD(数据接收端,29 脚)和 TXD(数据传输端,30 脚)。

本设计所用的单片机正常工作时所需电流为 $2.7\text{ mA} \sim 7\text{ mA}$,而在掉电模式下工作电流 $< 0.1\text{ }\mu\text{A}$,因此 ,在本设计中采取蓝牙模块与外界断开连接便让单片机进入掉电模式即睡眠模式的方式 ,来降低整机功耗 ,延长所用锂电池的使用时间。主控芯片最小系

统如图 2 所示。

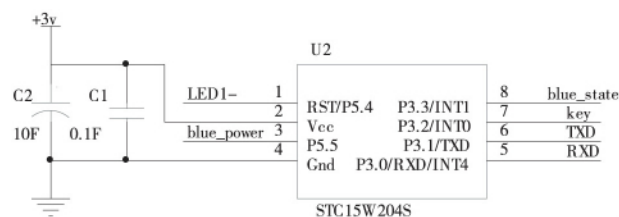


图2 主控芯片最小系统

3.2 蓝牙模块电路

蓝牙模块选用 HC-08 模块,该模块采用蓝牙 4.0 协议,通信距离可达 80 m,空中数据传输速度高达 1 Mb/s,工作电压为 2 V~3.6 V 相较于 HC-05 模块通信距离更长,配对连接更快,而且可以通过 AT 指令很方便地改变其工作模式和相关的参数设置。在本设计中,该模块工作于主机模式,工作电压为 3 V。在蓝牙模块与嵌入式设备成功建立连接后蓝牙指示灯常亮,若是连接失败蓝牙指示灯以 1 s 的频率闪烁。其 17 引脚连接单片机的 P33,提供单片机其连接状态,RXD(29 脚)和 TXD(30 脚)端口分别和单片机的 P31 和 P30 连接。当开关被踩下,单片机通过串口将该踩踏信号传递给蓝牙模块。

由于该蓝牙模块工作于主机模式下未连接时工作电流为 21 mA, 因此, 为降低功耗本采用蓝牙断开连接时关闭其供电电源, 减少功率损耗, 延长整机所用锂电池的使用时间^[4-5]。蓝牙模块电路图如图 3 所示。

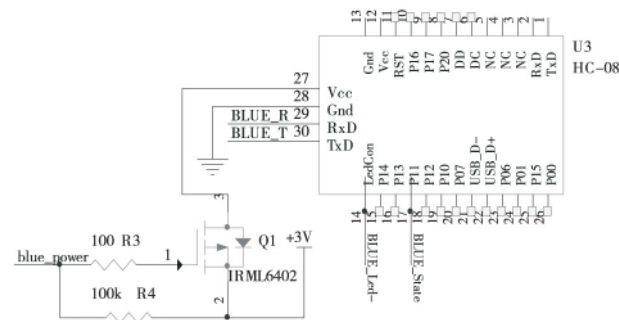


图3 蓝牙模块电路图

3.3 行程开关模块电路

本设计所采用的开关为 KW12 行程开关,该开关由压杆、弹簧和触点等部分组成,其中 1 脚为公共引脚,2 脚为常闭触点,3 脚为常开触点,当行程开关没有被按下,1 和 2 引脚相连使 key 保持低电平,当开关被按下,1 和 3 引脚相连使 key 输出高电平,单片机外部中断 1 监测到该电平变化便会进入相应的中断服务程序,处理该开关按下信号。其中 74LVC00AD 为 2 输入 4 与非门,利用其中两个与非门实现 SR 锁存器去除行程开关在按下过程中触点的抖动,减少误触

发,提高本设计的可靠性。行程开关模块电路如图 4 所示。

3.4 电源模块电路

本设计采用 3.8 V 锂电池作为输入电源,然后通过低压差线性稳压芯片 CYT6166FLN 输出系统供电电压 3 V,降低系统功耗,延长锂电池使用时间。其中 C5 作为输入端的旁路电容,减小输入端电压纹波,C7 和 C8 并联作为输出端的去耦电容,使系统供电电压更加稳定^[6-8]。具体 3 V 稳压电路如图 5 所示。

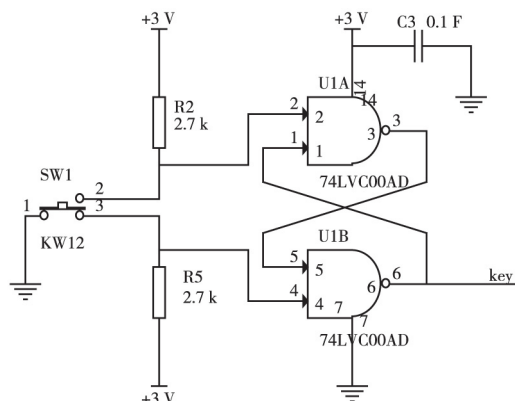


图 4 行程开关模块电路图

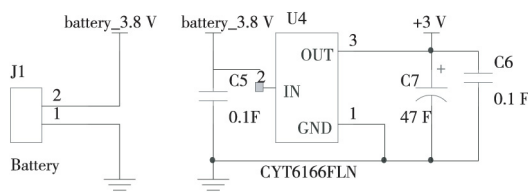


图 5 3 V 稳压电路

3.5 报警指示电路

本设计采用红色和绿色两种颜色发光二极管 (LED) 报警提示用户当前系统所处状态,D2 为红色 LED 用于在设备所用电量不足时以 5 Hz 的频率提醒用户及时更换电池,D3 为绿色 LED 用于设备与其他蓝牙设备成功建立连接的指示作用,当设备未能与其他蓝牙设备建立连接则以 1 Hz 的频率闪烁。图 6 为报警指示电路,为 LED 提供稳定的电流,可靠及时的指示提醒。其中所用锂电池电量的监测是依靠单片机内部集成的电压监测电路,在电源电压低于 3 V 时便产生低压检测中断,使红色 LED 闪烁^[9-11]。

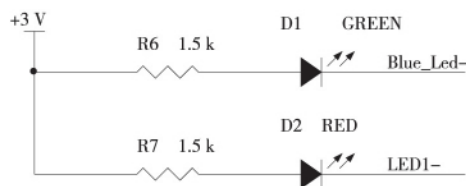


图 6 报警指示电路

4 系统软件设计

系统主程序如图 7 所示,在主控单片机上电后,系统先进行初始化设置,设置外部中断触发方式为上升沿和下降沿均触发,为降低系统功耗将波特率设置为 9 600 bps,停止位 1 位,无奇偶校验,定时器 0 和定时器 1 均采用模式一即 16 位自动计数方式,设置蓝牙模块工作于主机状态,清除配对记录,且关断蓝牙模块供电电源。完成这一系列初始化动作后,等待开关踩下。当开关被踩下且为首次踩下时,唤醒主机打开蓝牙模块电源,等待蓝牙模块建立连接,成功建立连接后等待开关再次踩下,发送控制指令,若是没有成功建立连接则关断蓝牙模块电源进入睡眠模式减少系统功耗。控制指令发送后检测连接是否断开,若是断开则关断蓝牙模块电源进入睡眠模式,若是仍处于连接状态则继续等待开关再次踩下。进入睡眠模式后,等待开关踩下触发单片机外部中断,唤醒主机,重复前面的步骤,完成控制信号的传输。同时本设计增加了软件复位功能,在长按开关 6 s 以上,便实现软件复位,清除蓝牙配对记录,以实现脚踏开关可以便捷的和不同的蓝牙设备进行连接,达到对不同嵌入式设备的控制效果。

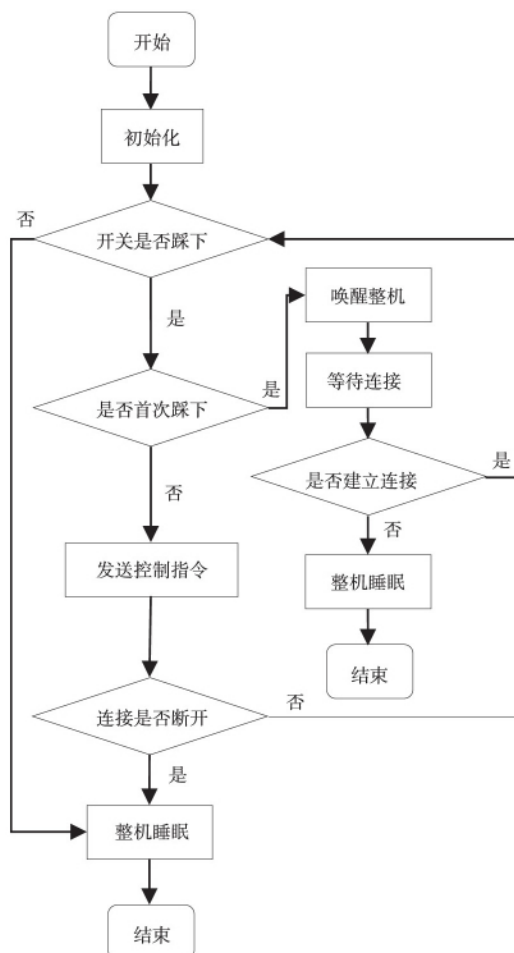


图 7 系统软件框图

4 应用实例

将本设计的脚踏开关与治疗仪进行连接调试,在打开治疗仪后,踩下开关一次后脚踏开关便与治疗仪快速建立连接,蓝牙连接指示灯常亮,在没有墙壁等遮挡物的情况下 10 m 距离内 400 ms 左右便可成功建立连接。之后踩下开关便控制治疗仪激光输出,传输延时短,大约在 20 ms 左右,可靠性高,连续踩下 100 次均没有出现控制失败现象。

开关踩下后输出电平变化的波形如图 8 所示。

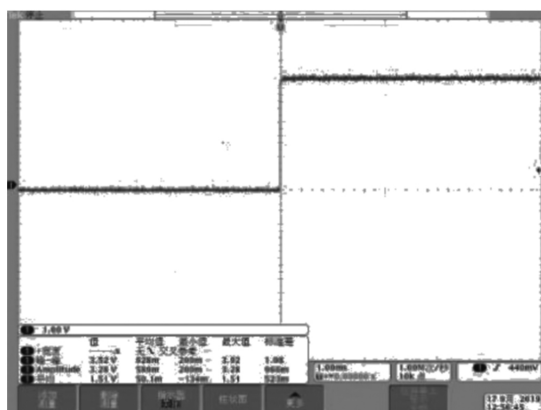


图 8 测试示意图

5 结语

本设计的蓝牙脚踏开关既解决了传统脚踏开关需要用导线传递信号所带来的众多问题,又避免了现有蓝牙脚踏开关无法与嵌入式设备直连控制的缺陷,增加了脚踏开关的适用性、可靠性和移动性,而且采

取断开连接便关闭蓝牙模块大大降低了整机功耗,延长电池的使用寿命。

参考文献

- [1] Nordic Semiconductor 低功耗蓝牙控制机械开关轻松实现家电远程操作[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 7: 87-87.
- [2] 陈伟,王玮,王健. 蓝牙低功耗测试技术[J]. 移动通信, 2018, 42(8): 72.
- [3] 李英春,尤磊,贺靖康,等. 基于生理信号的情绪识别腕戴设备[J]. 电子技术应用, 2017, 43(2): 69-72, 76.
- [4] 李佳妮,王云峰. 一种表面肌电信号的无线采集方式[J]. 电子技术应用, 2017, 43(1): 118-120.
- [5] 王奕森,祁虔. 基于 Arduino 的便携式分体收线器设计与实现[J]. 自动化仪表, 2018, 39(8): 50-54.
- [6] 张慧颖,田东生. 基于蓝牙技术的实验室环境监测系统设计[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(8): 290-293.
- [7] 何坚,张子浩,王伟东. 基于 ZigBee 和 CNN 的低功耗跌倒检测技术[J]. 天津大学学报, 2019, 52(10): 1045-1054.
- [8] 柏佳,魏鑫,朱广. 基于 FPGA 蓝牙通信技术的智能电子锁系统[J]. 电子技术应用, 2019, 45(8): 128-130.
- [9] 李韩军,张宜军,赵行明. 基于蓝牙 4.0 技术的智慧门禁系统的研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2019, 6: 65-68.
- [10] 刘照阳,舒明雷,孔祥龙等. 蓝牙心电采集终端的设计与实现[J]. 自动化仪表, 2018, 39(8): 80-83.
- [11] 凌振宝,周路佳,段荣宙. 基于蓝牙技术的无导线动态心电仪设计[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2019, 37(2): 202-207.