



# 基于 NI myRIO 的可穿戴体感遥控机械手设计

吴丹阳

(辽宁机电职业技术学院 华孚仪表学院, 辽宁 丹东 118000)

**摘要**:设计了一种可穿戴体感遥控机械手,实现了传感器在 I2C 总线上的分时复用。控制器对体感数据分析并传输给舵机执行,实现了运动数据的实时收发和体感遥控。

**关键词**:NI myRIO;机械手;体感遥控

中图分类号:TH122

文献标识码:A

文章编号:1671-931X (2021) 05-0104-04

DOI: 10.19899/j.cnki.42-1669/Z.2021.05.019

## 一、研究背景

在一些高危操作中,如高压电设备维护和放射性实验,直接的人工操作设备会带来极大的安全风险,因此这些环境中的操作往往需要借助遥控机械手臂完成<sup>[1-4]</sup>。目前多数的机械手臂(如一些工业机器人)往往是通过编程方式记录固定的机械动作<sup>[5]</sup>在非流程化的操作场合难以适用。针对这一问题,本文设计了一种可穿戴的体感遥控机械手,既能通过远程遥控的方式避免操作者直接接触危险环境,又能实时还原操作者的手部姿态,对现场实际情况能进行及时应对精准操作。

## 二、系统构成与各模块协作关系

本文设计的遥控机械手系统框图如图 1 所示。5 个三轴加速度计 ADXL345 作为体感传感器,采集操作者 5 个手指的运动姿态。5 个 ADXL345 经 CD4051 通道选择,通过 I2C 总线与 NI myRIO 相连。作为系统的核心主控,NI myRIO 除了负责接收加速

度传感器传来的体感数据外,该需要根据体感数据分析出人手当前姿态,并将其转化为 LSC-6 路舵机控制器模块所能识别的舵机控制动作指令。为实现远程控制,采用蓝牙串口透传模块 HC-06 实现 NI myRIO 和舵机控制器之间无线互联。舵机控制器接收到 NI myRIO 发来的控制指令后,将指令解析为具体的舵机控制命令,控制舵机执行相应动作。五个舵机同时带动机械手手指运动,将舵机运动转化为具体的手指运动。U 盘通过 USB 接口与 NI myRIO 向量,实现动作数据的存取。NI myRIO 通过 GPIO 连接按键,通过按键接收用户指令,用于切换自动体感遥控、手动执行记录的动作组、记录动作组数据到 U 盘、从 U 盘加载动作组四种功能状态。

## 三、硬件设备选型与设计

### (一) 主要模块介绍

如图 2 所示,本设计选择 NI 公司的嵌入式系统开发平台,以 NI myRIO 作为主控制器,其内嵌双核

收稿日期:2021-01-05

基金项目:2019 年辽宁省教育厅科学研究经费项目“虚拟仿真及电子产品自动测试平台的研究与制作”(项目编号:1X201904);2019 年辽宁机电职业技术学院科研项目“虚拟仿真及电子产品自动测试平台的研究与制作”(项目编号:2019008)。

作者简介:吴丹阳(1987-),女,辽宁丹东人,辽宁机电职业技术学院华孚仪表学院讲师,研究方向:自动化技术应用。

的 XilinxZynq 芯片,包含 I2C、SPI、USB 等丰富的外设接口,可实现高性能的控制、机器人、机电一体化、测控等领域的嵌入式系统设计<sup>[6]</sup>;体感传感器选用图示的 ADXL345 三轴数字加速度计,其采用的是 I2C 总线串行通信,具有高度的灵活性,可以进行事件检测,包括单次敲击,双击检测和自由落体检测<sup>[7]</sup>;蓝牙模块选用图示的 HC-06,该模块提供了嵌入式控制器和另一个具有蓝牙功能的设备之间的简单使用接

口,模块引出接口包括 VCC, GND, TXD, RXD,预留 LED 状态输出脚,NI myRIO 可通过该脚状态判断蓝牙是否已经连接,配对以后当全双工串口使用,无需了解任何蓝牙协议;舵机控制选取图示的 LSC-6 路舵机控制器,可直接下载舵机动作,支持直接发送串口指令的二次开发。本设计使用的控制方式就是 NI myRIO 向 LSC 的蓝牙模块发送控制指令,蓝牙模块再控制指令转化为串口指令最终控制舵机运动。

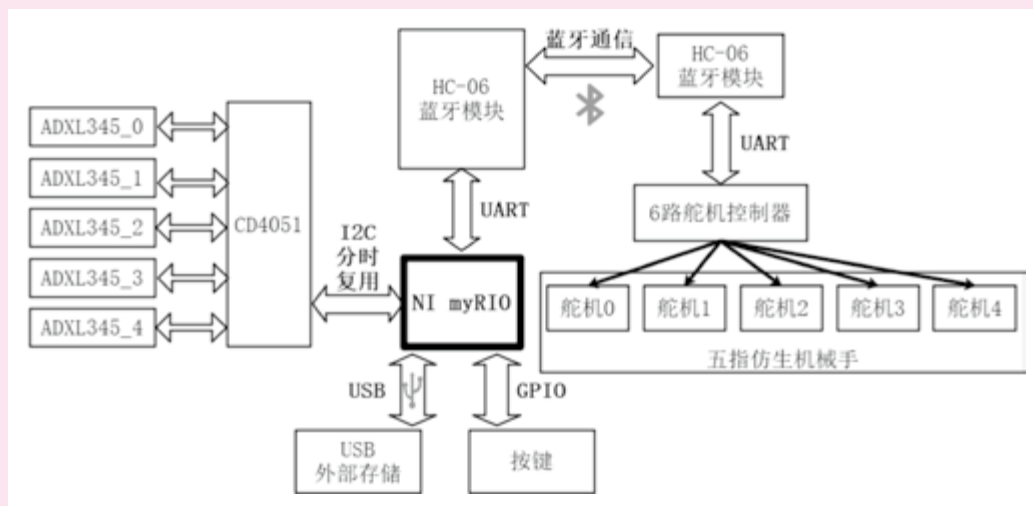


图1 系统框图



NI myRIO



ADXL345



HC-06



LSC-6 路舵机控制器

图2 系统设计选用的主要模块部件

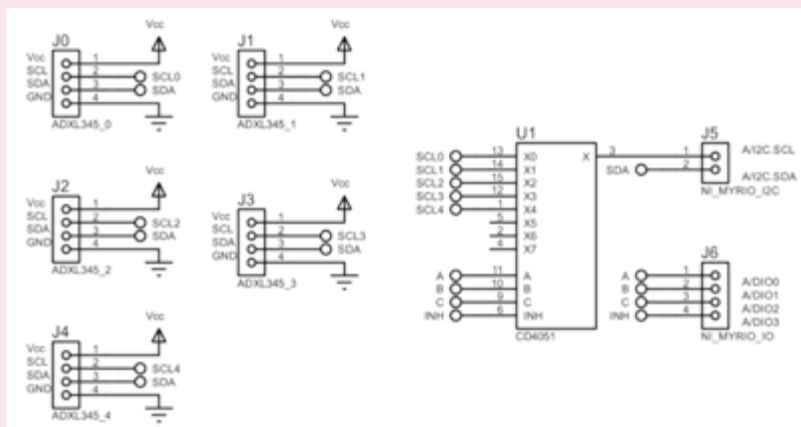


图3 I2C 从设备分时复用电路

## (二) I2C 从设备分时复用电路设计

为实现操作者五个手指上体感数据的采集,所有的 ADXL345 都需要作为从机通过 I2C 总线连接到主机 NI myRIO 上。但 ADXL345 只能将 I2C 从机地址指定成两个给定值之一,并不能指定成任意数值,直接将其连接到 I2C 总线上会导致从机地址冲突。本文给出的设计方案如图 3 所示:5 个 ADXL345 的 SDA 线是共用的,都连接到 NI myRIO 的 A/I2C.SDA 线上;5 路 SCL 线则先连接到通过 8 通道多路开关 CD4501 上,再通过 CD4501 的选择,使得 5 路 SCL 线在同一时刻仅有一根连接到 NI myRIO 的 A/I2C.SCL 线上,即可避免 I2C 从机地址的冲突。再将 CD4051 的控制端连接到 NI myRIO 上,即可通过软件编程控制 I2C 从设备的分时复用。

## 四、系统软件结构与与设计

### (一) 整体流程设计

本系统的软件编程都在 NI myRIO 上进行,采用图像化的 LabVIEW 作为编程语言。程序控制的系统整体工作流程如下:系统上电后,程序首先控制 NI myRIO 初始化控制器自身的 GPIO、接口和各类外设,包括 NI myRIO 的 UART 初始化、USB 设备初始化以及 5 个 ADX345 寄存器初始化设置。随后程序进入待机状态,等待用户按下按键,从而使系统进入不同的工作状态,进入具体工作状态后,按下按键 0,则返回待机状态,以便实现多个状态的切换。系统工作整体流程图如图 4 所示。

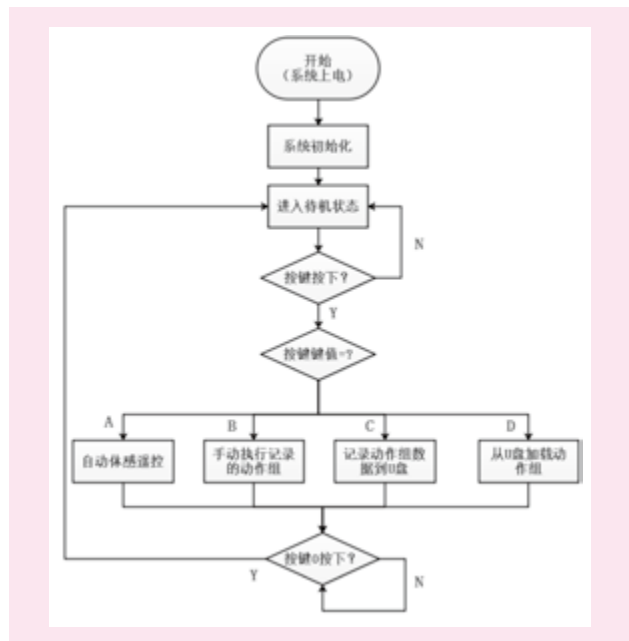


图 4 系统整体工作流程图

### (二) I2C 分时复用程序设计

I2C 分时复用的核心元件是 CD4051,该元件是一个 8 路多通道控制开关,其工作原理类似于一个

单刀多掷开关,X 为“开关的固定端”,根据 INH、C、B 和 A 四个控制端的高低电平组合控制 X0~7 这 8 个“开关的移动端”单独与“固定端”X 接通,具体的控制方式如真值表如表 1 所示。观察 CD4051 真值表可知,只要将欲开启通道号的 8421BCD 码以此传送给 CD4051 的四个输入端,即可实现指定通道的切换。本系统使用 NI myRIO 以 A/DIO3~0 以此连接 CD4051 的 INH、C、B、A 端。因此只要将指定的 8421BCD 码传送给 NI myRIO 的 A/DIO3~0 口,即可由软件控制实现 I2C 总线多个从机的分时复用。图 5 给出了按 I2C 从设备分时复用的方式对 5 个 ADXL345 依次读取数据的程序流程图。

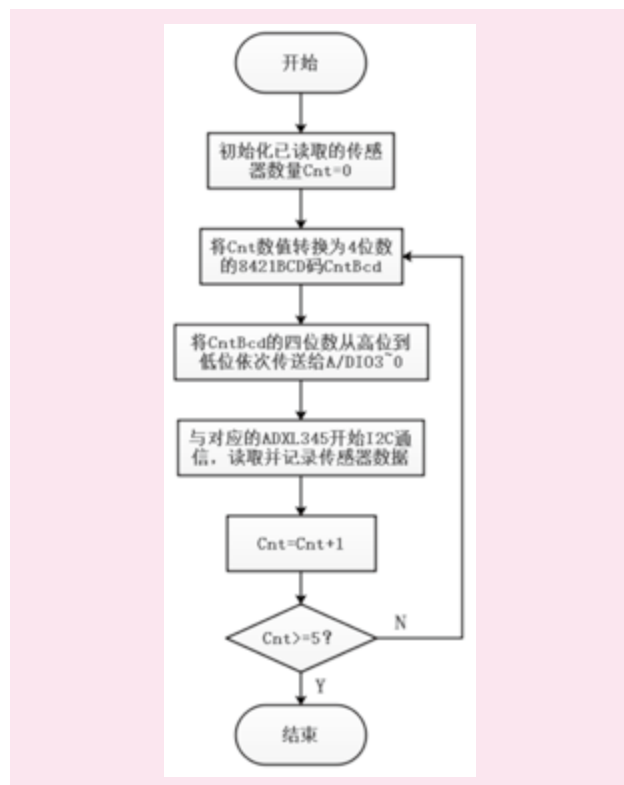


图 5 I2C 分时复用的程序流程图

表 1 CD4051 真值表

输入状态				开启通道
INH	C	B	A	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	x	x	x	无

### (三) 舵机控制命令的生成

本设计的系统采集体感传感器数据感知人体运动姿态,但最终需要将人体运动姿态转化为机械手上

舵机的运动,这就需要根据人体运动姿态生成舵机控制指令。本系统规定操作者的手掌向前手臂垂直为初始的标准状态,所有加速度计贴合在操作者手指指甲的位置,操作过程中,手掌和手臂保持不动。此时三轴加速度计的X轴向与实际的水平方向近似呈平行关系,X轴向的加速度近似为0。当手指弯曲时,加速度计的X轴向与水平方向开始产生夹角,受地球引力的影响,X轴向开始产生加速度。当手指与手掌垂直,加速度计的X轴向加速度近似为1个重力加速度g。根据这一变换关系可知,重力加速度计的X轴向加速度在上述过程中会在0g~1g之间变化,加速度计以g为数据输出单位,因此输出数值在0~1之间变化,将0~1这一数值范围线性映射到的舵机绝对位移范围(0~5000),即可根据加速度计的数据生成舵机运动控制指令,实现机械手手指移动控制。

按照上述设计并经装配调试,本系统较好地实现了机械手的体感遥控,系统整体的实物示意如图6所示。

### 五、结论

本文设计了一种可穿戴的体感遥控机械手。通过I2C从设备的多路分时复用,解决了多个体感传感器在控制器上地址冲突的问题。通过读取体感传感器上X轴向的加速度数值,建立人手姿态模型,并将人手姿态转化为舵机的运动位置,从而实现了人体姿态和机械手姿态的同步。高性能控制器NI myRIO保证了人手和机械手姿态的实时同步,NI myRIO上搭载的Linux RT操作系统可以方便地实现指定动作数据的存储和导入,增强了系统的可扩展性。本系统设

计有望应用于高电压、核辐射等危险环境中的远程复杂操作,也可以应用于远程医疗、远程娱乐等场合。



图6 装配连接的系统整体实物

### 参考文献:

- [1] 陈嘉枢,丛晶,林海科.一种多功能遥控机械手的研制[J].机电信息,2018,(33):57-58.
- [2] 殷淑婷,蒋善超.基于单片机的远程排爆救援机器人系统设计[J].智能机器人,2019,(3):53-55.
- [3] 田晨旭,何柳,刘军.规范国内高校实验室射线装置管理防护工作的探析[J].实验技术与管理,2020,(2):267-273.
- [4] 王传江,李鑫,樊炳辉.基于Floyd算法的反恐防暴机器人腿部变形策略[J].科学技术与工程,2017,(2):70-73.
- [5] 陈钦韬,殷参,张加波,等.面向铣削任务的工业机器人刚度位姿优化[EB/OL].<https://doi.org/10.13973/j.cnki.robot.200042>,2021-01-03.
- [6] 魏元焜,吴丹阳.基于NI myRIO的机器视觉搬运车设计[J].工业仪表与自动化装置,2019,(5):53-56.
- [7] 于波,韩玉斌.基于STM32的振动信号采集系统设计[J].电子测量技术,2020,(4):148-152.

[责任编辑:詹华西]

## Design of Wearable Body Sensing Remote Control Manipulator Based on Ni My RIO

Wu Danyang

(College of Huafu Instrument, Liaoning Mechatronics College, Dandong118000, China)

**Abstract:** A wearable body-sensing remote control manipulator is designed to realize the time division multiple access of sensors on the I2C bus. The controller analyzes and transmits body-sensing data to servo for its execution, and finally realize the real-time data transmission and remote control.

**Key words:** NI myRIO; manipulator; somatosensory remote control