

· 康复工程 ·

基于颞肌表面肌电信号控制的无线鼠标

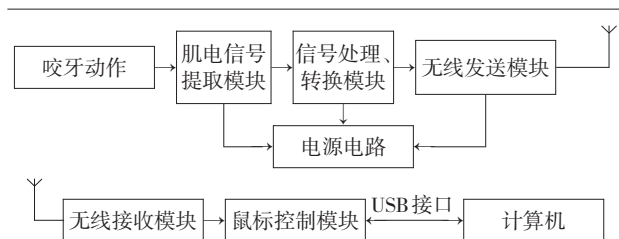
赵 域^{1,2} 张腾宇² 李立峰² 郭 欣¹

鼠标作为计算机的输入设备在现代生活中已必不可少,而现有的鼠标主要是由健康人的手来操控的,还没有截肢伤残人士专用的鼠标,但是对于这些伤残者来说,在很多情况下也需要使用计算机和鼠标。近年来国内外均已展开助残鼠标的研究:上海科生假肢有限公司的兆峰、罗永昭等人发明了肌电信号控制鼠标装置,可利用残肢的肌电信号来控制鼠标的左右键开关,并利用肌电控制假手来抓住鼠标,靠残肢的运动来实现鼠标的移动^[1];韩国电子通信研究院的Jong-Sung Kim等人采用差分绝对平均值法提取上肢肌电特征,采用模糊最大—最小神经网络做分类器,实现了对鼠标的控制^[2];国内推出一款为失去双臂的残疾人设计的“特殊”鼠标,其外观类似一个耳机,使用者可将鼠标佩戴在头上,摆动头部,利用陀螺仪的空间定位原理,由陀螺仪感知平面移动,在屏幕上显示光标轨迹。精确定位光标位置后,使用者向两边吹起触动传感器,信号传回电脑便可控制鼠标左右键按动^[3]。

目前表面肌电信号预处理技术已十分成熟,针对高位截瘫及其他上肢残疾患者的特殊性,设计一种可利用其自身头部肌电信号控制的鼠标。经前期研究分析发现,在完成咬牙动作的过程中,头部两侧颞肌位置的肌电信号幅值具有明显变化,可以作为鼠标按键点击及鼠标光标移动的控制信号。另一方面,USB接口已经成为计算机的标准通用接口^[4],因此,提取咬牙动作时颞肌表面的肌电信号,将其转换为满足USB HID协议的鼠标控制信号并通过USB接口与计算机相连,从而可以通过简单的咬牙动作实现对鼠标的控制。

整个系统主要由四个模块组成:肌电信号提取模块;信号处理与转换模块;无线传输模块;鼠标控制模块(图1)。

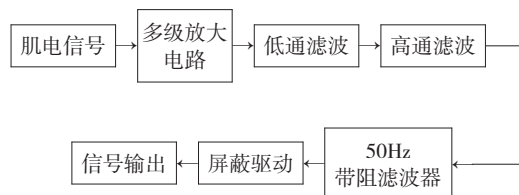
图1 系统框图



1 肌电信号提取模块

选取头部颞肌位置作为肌电信号提取源,将提取到的肌电信号进行初步处理。肌电信号提取端由三片相互平行的Ag/AgCl表面电极构成,其极化电压小,能快速获得稳定的肌电信号。中间电极为参考地端,两侧两个构成差分输入端。引入的参考地端电极有效降低了噪声干扰,提高了共模抑制能力^[5]。由于表面肌电信号为非平稳随机信号^[6],一般只有mV级,其中往往混合着低频和高频的干扰信号^[7],故将提取到的肌电信号依次进行多级放大、高通滤波、低通滤波等处理(图2)。多级放大电路包括前置差分放大电路与主放大器电路,主要功能是将输入端的肌电信号通过差分放大电路并有效地使其放大;高通、低通滤波电路主要功能是将提取的信号集中在肌电信号的频域中(20—650Hz);再加入50Hz带阻滤波器滤除50Hz的工频干扰,屏蔽驱动电路减少屏蔽线中屏蔽层与信号轴的电容效应并降低放大电路的共模干扰,最终将其转换为便于采集的信号。

图2 肌电信号处理流程图



2 信号处理与转换模块

通过单片机电路对经过初步处理的肌电信号进行处理与计算,将其转换为TTL电平信号。采用STC12C2052 AD芯片完成两路肌电信号的AD转换及处理。STC12C2052 AD是单时钟/机器周期的兼容8051内核单片机,拥有8路8位ADC,带A/D转换功能的引脚在单片机的P1口,上电复位后P1口为弱上拉型I/O口,通过软件设置将其中两路设置为A/D转换功能,并按照一定的采样频率进行循环采样,参照肌电信号电压幅值等特征,将AD转换结果进行计算处理,并通过阈值分析判断是否有动作产生。两路肌电信号经过采样、

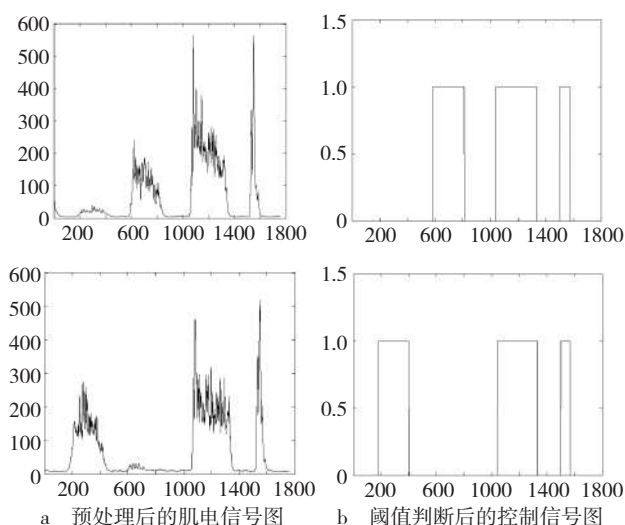
DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.10.016

1 河北工业大学控制科学与工程学院,天津,300130; 2 国家康复辅具研究中心

作者简介:赵域,男,硕士研究生; 收稿日期:2011-08-04

整流滤波后的肌电信号图,信号幅值处于0—600mV之间(图3a),取其中大于10mV的数据,并取邻近100个数据的平均值。设定固定阈值,该平均值大于设定值则认为有动作产生,并输出高电平;小于设定值则认为没有动作产生,并输出低电平(图3b)。

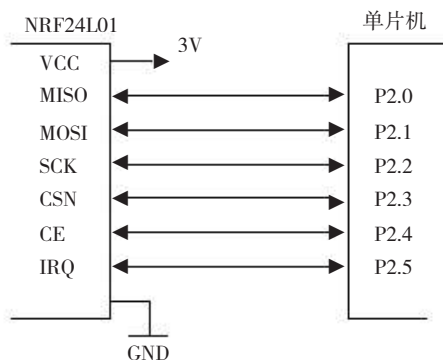
图3 信号处理图



3 信号传输模块

有线的电极对人体造成束缚,而且还会引入不必要的干扰^[8]。为使得表面肌电信号采集系统更加便携、易用、电极可

图4 NRF24L01与单片机连接图



5 操作说明

整个鼠标控制模块包括点击按键、前后方向移动、左右方向移动三种控制模式。任何模式下,左右侧同时咬牙持续1s以上则进入模式切换状态。在模式切换状态下,3种模式按照固定时间间隔依次选择,3个指示灯分别显示当前模式。指示灯显示到期望的模式时,松开牙齿则进入该模式。

点击按键模式下:①左侧咬牙:左键单击;②右侧咬牙:

穿戴性好,将肌电信号提取模块与肌电信号处理模块集于一处,使用电池供电,用无线方式完成信号的传输。

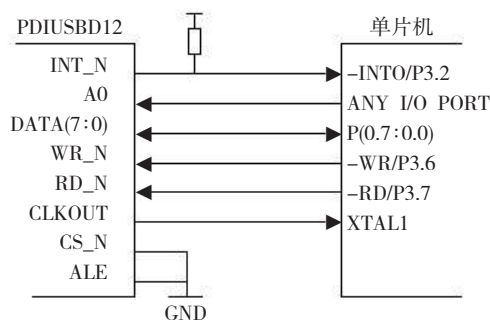
采用NRF24L01完成信号的无线传输。NRF24L01为单片射频收发芯片,将芯片引脚与单片机IO口直接相连(图4),使用单片机IO口模拟SPI接口完成NRF24L01的配置工作,使用Enhanced Shock Burst TM收发模式完成信号的无线传输。

4 鼠标控制模块

USB总线由于支持即插即用和热拔插,以及具有速度快、易于扩展、总线供电等优点,目前已成为PC机与外部通信的主流接口。因此,本文采用STC89C52RC及PDIUSBD12作为鼠标控制模块的主芯片,将接收到的信号转换为满足USB HID协议的鼠标控制信号并通过USB接口与计算机相连。

PDIUSBD12芯片是Philips半导体公司的一款带有并行总线和局部DMA传输能力的高速USB接口器件,它使用8位并行的数据口与单片机的P0口相连(图5),USB的相关通讯协议通过PDIUSBD12来实现。基本工作流程为:PC端应用软件发送ID0(为了使主机和设备方能同步,该系统定义了三个握手ID:ID0, ID1, ID2)给PDIUSBD12, PDIUSBD12接收数据产生中断通知单片机读取数据。如果读取的数据为ID0,那么发送ID0给PDIUSBD12。PC端应用软件发送完数据后,读取外设发送的数据,如果读到的数据为ID0,则弹出一个信息框,提示USB外设连接成功。

图5 PDIUSBD12与单片机的电路连接图



右键单击。前后方向移动模式下:①左侧咬牙:向前移动;②右侧咬牙:向后移动。左右方向移动模式下:①左侧咬牙:向左移动;②右侧咬牙:向右移动。

6 结论

本系统分别以STC12C2052 AD、STC89C52RC及PDIUSBD12芯片为核心,完成肌电信号的AD转换、计算处理及

与计算机USB接口的连接,并通过NRF24L01芯片完成信号的无线传输。系统通过颞肌的肌电信号识别咬牙动作,以达到控制鼠标的目的,在大量实验的基础上取得了较好的效果。

参考文献

- [1] 兆峰,罗永昭.肌电信号控制鼠标[P].CN.200610024781.3. 2006, 08.06.
- [2] Jong-Sung Kim, Hyuk Jeong, Wookho Son. A new means of HCI EMG-Mouse. IEEE Onf Systems Man & Cybematics. 2004, 100—104.
- [3] 郭剑峰.助残鼠标[J].科技潮,2010,(4):37.
- [4] 王朔,李刚.USB接口器件PDIUSB12的接口应用设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2002,4(20):56—59.
- [5] 何乐生,倪海燕,宋爱国.一种便携式肌电信号(EMG)提取方法及其电路实现[J].电子测量与仪器学报,2006,20(2):70—74.
- [6] 朱昊,辛长宇,吉小军,等.表面肌电信号前端处理电路与采集系统设计测控技术[J].测控技术,2008,3(16):37—39.
- [7] 仇冠生,杨鹏,郭欣,等.表面肌电信号数字传感器的设计[J].微计算机信息,2007,23(9):123—124.
- [8] 胡巍,路知远,陈香.无线多通道表面肌电信号采集系统设计[J].电子测量与仪器学报,2009,11(7):31—35.

(上接第951页)

同患者,但踝足矫形器可以改善患者支撑相和迈步相的功能,改善步行速度和耐力等^[8-10],同时矫形器还可以降低患者的异常张力,改善步行时下肢和躯干的对线关系,更有利于步行^[11]。可调式踝足矫形带的研制使我们的治疗更加具有针对性,效果更佳。

参考文献

- [1] 瓮长水,高怀民,徐军,等.踝足矫形器对脑卒中偏瘫患者步行能力的影响[J].中国康复医学杂志,2003,18(4):210.
- [2] Radtka SA, Skinner SR, Dixon DM, et al. A comparison of gait with solid, dynamic, and no ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy[J]. Phys Ther, 1997, 77(4): 395—409.
- [3] 李哲,郭钢花,白蓉,等.动态式踝足矫形器对偏瘫患者步行能力的影响[J].中国康复医学杂志,2007,22(11):1019.
- [4] Erel S, Uygur F, Simsek IE, et al. The effects of dynamic ankle-foot orthoses in chronic stroke patients at three-month follow-up: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2011, [Epub ahead of print].
- [5] Nolan KJ, Savalia KK, Yarossi M, et al. Evaluation of a dynamic ankle foot orthosis in hemiplegic gait: A case report[J]. NeuroRehabilitation, 2010, 27(4):343—350.
- [6] Schrank ES, Stanhope SJ. Dimensional accuracy of ankle-foot orthoses constructed by rapid customization and manufacturing framework[J]. J Rehabil Res Dev, 2011, 48(1):31—42.
- [7] Faustini MC, Neptune RR, Crawford RH, et al. Manufacture of passive dynamic ankle-foot orthoses using selective laser sintering[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2008, 55(2 Pt 1):784—790.
- [8] 王彤,赵勇,李涛,等.踝足矫形器对足下垂患者下肢功能影响的分析[J].中国康复医学杂志,2004,19(1):30.
- [9] Gok H, Kucukdeveci A, Altinkaynak H, et al. Effects of ankle-foot orthosis on hemiparetic gait[J]. Clin Rehabil,2003,17: 125—139
- [10] Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review[J]. Lancet Neurol, 2009, 8(8): 741—754.
- [11] Chou SW, Wong AM, Leong CP. Postural control during sit-to stand and gait in stroke patients[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2003, 82(1):42—47.