



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109567796 A

(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201811562248.1

H02J 50/20(2016.01)

(22)申请日 2018.12.20

(71)申请人 南京畅享医疗科技有限公司  
地址 210012 江苏省南京市雨花台区西春  
路1号创智大厦408室  
申请人 上海交通大学

(72)发明人 吴正平 李卫东 魏欢 杨翔宇  
谢战战

(74)专利代理机构 南京先科专利代理事务所  
(普通合伙) 32285  
代理人 孙甫臣

(51)Int.Cl.  
A61B 5/0476(2006.01)  
A61B 5/00(2006.01)  
G08C 17/02(2006.01)

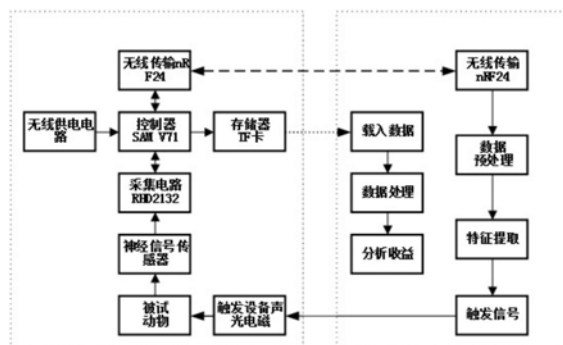
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种超微型无线电生理信号采集处理系统

(57)摘要

本发明公开一种超微型无线电生理信号采集处理系统,包括上位机和下位机,所述上位机与所述下位机通讯连接,接收所述下位机发送的数据,并控制所述下位机工作;所述下位机包括神经信号传感器、控制器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路。本系统是通过传感器采集电生理信号,经过AD(模数)转换后存储在内部存储器或通过无线方式发送到上位机软件进行存储、分析处理,可采用无线供电方式持续供电,应用于神经信息、脑科学和神经网络等大脑功能方面研究。



1. 一种超微型无线电生理信号采集处理系统,包括上位机和下位机,所述上位机与所述下位机通讯连接,接收所述下位机发送的数据,并控制所述下位机工作;

其特征在于,所述下位机包括神经信号传感器、控制器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路;其中,所述无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路分别与所述控制器连接,由所述控制器控制工作;

所述无线供电电路包括发射源部分和电能接收部分,电能接收部分与所述控制器连接,在所述控制器控制下向所述神经信号传感器电生理信号采集电路和无线数据传输电路提供电源;

所述电生理信号采集电路为多层板电路结构,与所述神经信号传感器绑定安装,且所述电生理信号采集电路的前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集电路上集成放大器、模数转换器和串行传输接口;串行传输接口与所述控制器通信连接,用于向所述控制器发送数据;

所述控制器与无线数据传输电路连接,控制所述无线数据传输电路向上位机传输数据。

2. 根据权利要求1所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述无线供电电路为高频E类功率放大电路,工作频率640KHz;所述无线供电电路的发射源部分为LC串联谐振电路,电感L由直径为1mm的多股纱包线绕制而成;电能接收部分为LC并联谐振回路。

3. 根据权利要求2所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述无线供电电路的发射源部分还包括电池、电源稳压器和电量计,电池为可充电式锂电池,电源稳压器为TPS62170芯片,输出3.3V工作电压,电量计为LTC2941芯片。

4. 根据权利要求1所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述神经信号传感器由1-32通道输入电极、电极片基板和高密度接口组成,输入电极的材质为镍镉合金、铱、铂或金,阻抗范围在 $200\text{K}\Omega$ - $800\text{K}\Omega$ 之间。

5. 根据权利要求1所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述控制器为ATMEL SAM V71微处理器,控制所述神经信号传感器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路协同工作。

6. 根据权利要求5所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述控制器与电生理信号采集电路采用LVDS通信协议相互通信。

7. 根据权利要求6所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述电生理信号采集电路的前端采集芯片为RHD2132,主频为24MHz;电生理信号采集电路上集成的放大器放大增益46dB,通道噪声在 $2\mu\text{V}_{\text{rms}}$ 以内,共模抑制比82dB;模数转换器设置有32个通道,每个通道采样精度为16bit,采样率为30Ksps。

8. 根据权利要求5所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,所述控制器通过SPI接口与无线数据传输电路连接,无线数据传输电路采用NORDIC nRF24芯片,通过无线传输与所述上位机通信连接。

9. 根据权利要求1所述的超微型无线电生理信号采集处理系统,其特征在于,该系统还包括数据存储电路,数据存储电路与控制器和存储卡通过SDIO接口协议通信,控制器接收电生理信号采集电路的数据,并控制所述数据存储电路将数据储存在存储卡。

## 一种超微型无线电生理信号采集处理系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种涉及神经科学和生物学工程、医学、机械工程等领域,是一种超轻、超微型无线多通道电生理信号采集、存储和处理系统。

### 背景技术

[0002] 神经信息、脑科学和神经网络等大脑功能方面的研究离不开电生理信号采集与处理,电生理信号采集与处理是一种多学科、多层次、多技术交叉的信号处理技术。从微观层面、介观层面到宏观层面都有很多国内外的研究团队从事相关的工作。在介观层面研究神经元功能的理解和调控方面,神经元电信号的获取和调控是研究必须的手段。

[0003] 神经元信号的放电频率一般在300Hz以上,前端所用传感器(微型电极)一般采用镍镉合金、铂铱合金等与生物脑组织相容材料,采集系统将前端电极获取到的微弱信号进行放大、信号处理、存储以及传输。采集系统记录到的神经元放电信号(Spike)可以用于研究个体在接收某一刺激或者执行任务时脑区间神经元放电在时间、空间的联系。

[0004] 当前电生理采集系统通常在被试头部固定一个放大器(Headstage),再用有线方式与之连接并将信号传输到数据采集系统。使得整套系统体积较大,成本非常高,虽然前端放大器体积越做越小,但仍为有线方式,容易引入外部噪声干扰,而且允许自由活动的区域有限,限制了研究范围和领域。

### 发明内容

[0005] 发明目的:本发明目的在于针对现有技术的不足,提供一种无线多通道电生理信号记录处理系统,解决因有线传输方法限制被试对象自由活动的问题,同时利用无线充电技术解决了普通电池供电方案不能长时间工作的问题。

[0006] 技术方案:本发明所述超微型无线电生理信号采集处理系统,包括上位机和下位机,所述上位机与所述下位机通讯连接,接收所述下位机发送的数据,并控制所述下位机工作;

所述下位机包括神经信号传感器、控制器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路;其中,所述无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路分别与所述控制器连接,由所述控制器控制工作;

所述无线供电电路包括发射源部分和电能接收部分,电能接收部分与所述控制器连接,在所述控制器控制下向所述神经信号传感器电生理信号采集电路和无线数据传输电路提供电源;

所述电生理信号采集电路为多层板电路结构,与所述神经信号传感器绑定安装,且所述电生理信号采集电路的前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集电路上集成放大器、模数转换器和串行传输接口;串行传输接口与所述控制器通信连接,用于向所述控制器发送数据;

所述控制器与无线数据传输电路连接,控制所述无线数据传输电路向上位机传输数

据。

[0007] 本发明进一步优选地技术方案为,所述无线供电电路为高频E类功率放大电路,工作频率640KHz;所述无线供电电路的发射源部分为LC串联谐振电路,电感L由直径为1mm的多股纱包线绕制而成;电能接收部分为LC并联谐振回路。

[0008] 优选地,所述无线供电电路的发射源部分还包括电池、电源稳压器和电量计,电池为可充电式锂电池,电源稳压器为TPS62170芯片,输出3.3V工作电压,电量计为LTC2941芯片。

[0009] 优选地,所述神经信号传感器由1-32通道输入电极、电极片基板和高密度接口组成,输入电极的材质为镍镉合金、铱、铂或金,阻抗范围在200K $\Omega$ -800K $\Omega$ 之间。

[0010] 优选地,所述控制器为ATMEL SAM V71微处理器,控制所述神经信号传感器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路协同工作。

[0011] 优选地,所述控制器与电生理信号采集电路采用LVDS通信协议相互通信。

[0012] 优选地,所述电生理信号采集电路的前端采集芯片为RHD2132,主频为24MHz;电生理信号采集电路上集成的放大器放大增益46dB,通道噪声在2 $\mu$ Vrms以内,共模抑制比82dB;模数转换器设置有32个通道,每个通道采样精度为16bit,采样率为30Ksps。

[0013] 优选地,所述控制器通过SPI接口与无线数据传输电路连接,无线数据传输电路采用NORDIC nRF24芯片,通过无线传输与所述上位机通信连接。

[0014] 优选地,该系统还包括数据存储电路,数据存储电路与控制器和存储卡通过SDIO接口协议通信,控制器接收电生理信号采集电路的数据,并控制所述数据存储电路将数据储存在存储卡。

[0015] 有益效果:(1)本发明采用无线的方式进行上位机和下位机的数据通信,解决有线方式中需要换向装置来解旋信号线,而换向器价格较为昂贵的问题,采用无线方式节约成本;同时,采用无线供电方式来获取电能,解决了普通电池供电方案不能长时间工作的问题;本发明的系统,解决了有线传输方法限制了被试对象自由活动的问题;另外本发明中电生理信号采集电路为多层板电路结构,与神经信号传感器绑定安装,整体重量1.5克左右,体积较小,方便将整个系统佩戴在被试动物的身上,可以最大程度的允许被试动物的自由活动。

[0016] (2)本发明的无线供电电路采用高频E类功率放大电路,工作频率640KHz,利用LC串联谐振电路作为发射源,电感L由直径为1mm的多股纱包线绕制而成,可在直径1米范围内提供电源,电能接收部分采用LC并联谐振回路获取;在发射源部分还包括电池、电源稳压器和电量计,电池选用可充电锂电池,电源稳压器选择TI 的TPS62170芯片,输出3.3V,作为工作电压供给各个部分,电量计选择LT的LTC2941芯片,对电池电量进行实时监测,并能在电量过低时给出预警。

[0017] (3)本发明控制单元选择ATMEL SAM V71微处理器,对信号采集、无线数据传输、电能管理、数据存储等电路进行相关协同工作。控制器与电生理信号采集电路采用LVDS通信协议,LVDS具有低功耗、低误码率、低串扰和低辐射等特点,信号完整性、低抖动及共模特性较高;电生理信号采集前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集前端对信号进行放大处理,然后采用模拟信号转数字信号高集成度芯片来完成采集和传输的功能,前端采集芯片选用RHD2132,RHD2132主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,集成了放大器、模数转

换器和串行传输接口,放大器放大增益高达46dB,通道噪声在2 $\mu$ Vrms以内,共模抑制比高达82dB;模数转换器拥有32个通道,每个通道采样精度为16bit,采样率为30Ksps;串行采用高速LVDS协议,适合对电生理信号的采集与传输。

[0018] (4)本发明的系统在电生理数据通过LVDS协议传输到控制器后,控制器再通过SDIO接口协议将数据存储,信息存储部分选用高速、大容量、小体积的TF存储卡,读写速度为Class 10级别,存储空间64GB,保证一整天的数据存储;控制器还通过SPI接口与无线电路部分相连,用于信号传输和事件同步信号处理,另外控制器还可嵌入滤波算法和特征检测算法,能够对采集前端传输上来的信号进行预处理,事件同步信号处理部分采用无线方案进行通信,使用者通过无线方式将同步信号记录到实时采集的信号序列中,同步数据的状态,无线方案选择NORDIC nRF24芯片,以超低功耗工作在2.4GHz频段,具有可组网扩展功能,除了事件同步功能外还可以实现对信号进行实时预览。

[0019] (5)本系统是通过传感器采集电生理信号,经过AD(模数)转换后存储在内部存储器或通过无线方式发送到上位机软件进行存储、分析处理,可采用无线供电方式持续供电,并且能够实现多达32通道的采集、处理和传输,应用于神经信息、脑科学和神经网络等大脑功能方面研究。上位机为数据接收、解析、存储分析系统,采用C++语言进行编写完成,可以更好地利用底层环境和操作系统资源,使得软件运行更为高效。具有数据解析、与下位机的事件同步信息发送,可以进行信号波形在线预览等功能,还可以进行滤波、尖峰波分拣(Spike sort)、速率直方图(Rate Histograms)、功率谱分析、峰间期(ISI)分布等。

## 附图说明

[0020] 图1为本系统的结构框图;

图2为实施例的实验布置图;

图中,1-实验箱、2-发射源、3-下位机、4-实验鼠、5-磁刺激仪、6-声刺激仪、7-光刺激仪、8-电刺激仪,9-上位机、10-刺激信号控制器。

## 具体实施方式

[0021] 下面通过附图对本发明技术方案进行详细说明,但是本发明的保护范围不局限于所述实施例。

[0022] 实施例:一种超微型无线电生理信号采集处理系统,包括上位机9和下位机3,上位机9与下位机3通讯连接,接收下位机3发送的数据,并控制下位机3工作。

[0023] 上位机9为数据接收、解析、存储分析系统,采用C++语言进行编写完成。具有数据解析处理、存储分析、触发控制功能,可以进行信号波形在线预览等功能,还可以进行滤波、尖峰波分拣(Spike sort)、速率直方图(Rate Histograms)、功率谱分析、峰间期(ISI)分布等。

[0024] 下位机3包括神经信号传感器、控制器、无线供电电路、电生理信号采集电路、数据存储电路和无线数据传输电路。

[0025] 控制单元选择ATMEL SAM V71微处理器,对无线供电电路、电生理信号采集电路、数据存储电路和无线数据传输电路进行相关协同工作。

[0026] 神经信号传感器由1-32通道输入电极、电极片基板和高密度接口组成,输入电极

材质为镍镉合金、铍、铂或金,用于获取各种生物电信号,阻抗范围在 $200\text{K}\Omega$ - $800\text{K}\Omega$ 之间。

[0027] 无线供电电路采用高频E类功率放大电路,工作频率640KHz,利用LC串联谐振电路作为发射源2,电感L由直径为1mm的多股纱包线绕制而成,在直径1米范围内提供电源,电能接收部分采用LC并联谐振回路获取。发射源2还包括电池、电源稳压器和电量计。电池选用可充电锂式电池,电源稳压器选择TI的TPS62170芯片,输出3.3V,作为工作电压供给各个部分。电量计选择LT的LTC2941芯片,对电池电量进行实时监测,并能在电量过低时给出预警。

[0028] 控制器与电生理信号采集电路相连接并直接通信,采用LVDS通信协议;电生理信号采集前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集前端对信号进行放大处理,然后采用模拟信号转数字信号高集成度芯片来完成采集和传输的功能。前端采集芯片选用RHD2132,RHD2132主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,集成了放大器、模数转换器和串行传输接口,放大器放大增益高达46dB,通道噪声在 $2\mu\text{V}_{\text{rms}}$ 以内,共模抑制比高达82dB;模数转换器拥有32个通道,每个通道采样精度为16bit,采样率为30Ksps;串行传输接口采用高速LVDS协议。电生理信号采集电路选择多层板设计和裸片绑定安装,使得前端体积和重量较小。当电生理数据通过LVDS协议传输到控制器后,控制器再通过SDIO接口协议和数据存储电路通信,将数据存储,信息存储部分选用高速、大容量、小体积的TF存储卡,读写速度为Class 10级别,存储空间64GB,保证一整天的数据存储。

[0029] 控制器还通过SPI接口与无线数据传输电路连接,用于信号传输和事件同步信号处理,另外控制器还可嵌入滤波算法和特征检测算法,能够对采集前端传输上来的信号进行预处理。事件同步信号处理部分采用无线方案进行通信,使用者通过无线方式将同步信号记录到实时采集的信号序列中,同步数据的状态,无线方案选择NORDIC nRF24芯片,以超低功耗工作在2.4GHz频段,具有可组网扩展功能,除了事件同步功能外还可以实现对信号进行实时预览。

[0030] 具体实验中,以鼠作为实验动物,设计一实验箱1,实验鼠4位于实验箱1内,将下位机3部分佩戴在实验鼠4身上,下位机3的无线供电电路发射源2置于实验箱1内侧底部,向箱内的下位机3部分无线供电。在实验箱1上设置磁刺激仪5、声刺激仪6、光刺激仪7和电刺激仪8,各刺激仪通过刺激信号控制器10与上位机9连接。实验开始后,通过各刺激仪刺激实验鼠4,下位机3采集并记录实验鼠4神经元放电信号,并上传给上位机9。

[0031] 如上所述,尽管参照特定的优选实施例已经表示和表述了本发明,但其不得解释为对本发明自身的限制。在不脱离所附权利要求定义的本发明的精神和范围前提下,可对其在形式上和细节上作出各种变化。

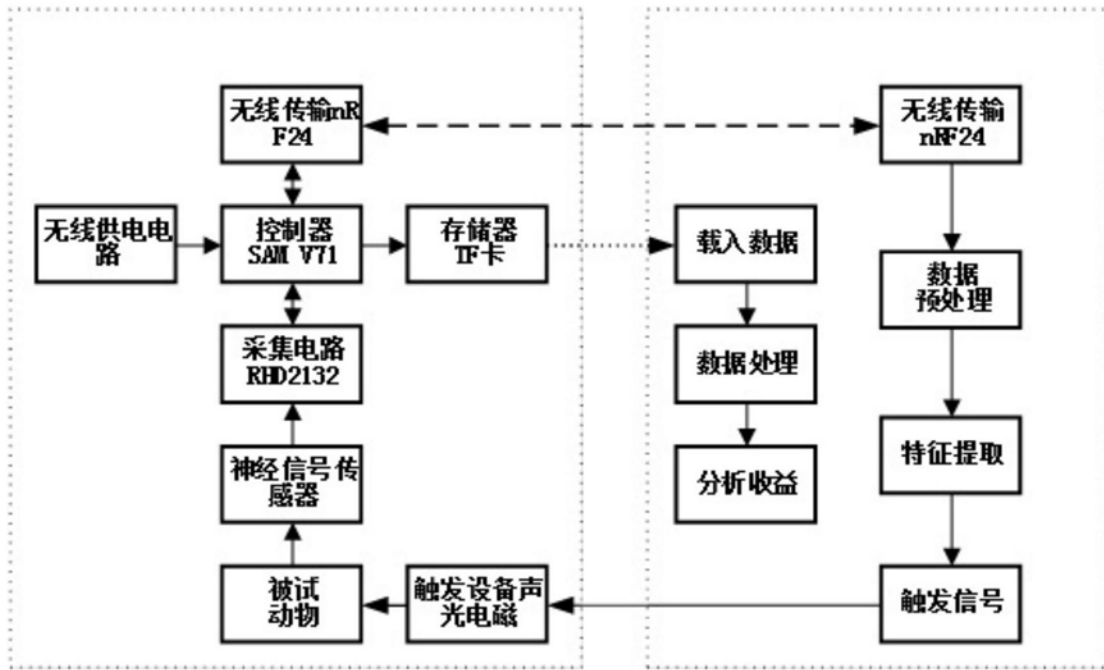


图1

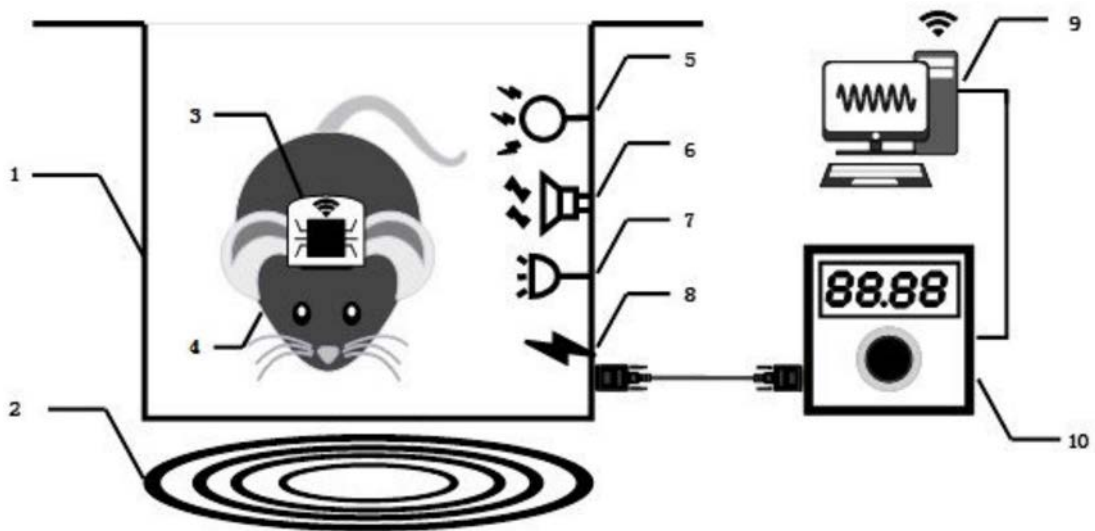


图2

专利名称(译)	一种超微型无线电生理信号采集处理系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN109567796A</a>	公开(公告)日	2019-04-05
申请号	CN201811562248.1	申请日	2018-12-20
[标]申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
[标]发明人	吴正平 李卫东 魏欢 杨翔宇 谢战战		
发明人	吴正平 李卫东 魏欢 杨翔宇 谢战战		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00 G08C17/02 H02J50/20		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/0006 A61B5/04012 A61B5/7235 G08C17/02 H02J50/20		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开一种超微型无线电生理信号采集处理系统，包括上位机和下位机，所述上位机与所述下位机通讯连接，接收所述下位机发送的数据，并控制所述下位机工作；所述下位机包括神经信号传感器、控制器、无线供电电路、电生理信号采集电路和无线数据传输电路。本系统是通过传感器采集电生理信号，经过AD（模数）转换后存储在内部存储器或通过无线方式发送到上位机软件进行存储、分析处理，可采用无线供电方式持续供电，应用于神经信息、脑科学和神经网络等大脑功能方面研究。

