



(43)申请公布日 2018.05.01

A61B 5/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

[illegible]

1. 一种多通道电生理信号记录和刺激系统,其特征在于:包括神经信号传感器、电生理信号采集/刺激前端、系统主机处理部分和显示分析软件,具体的:

所述神经信号传感器由128-1024通道电极输入/输出组成,而128-1024通道的采集输入电极材质包括镍镉合金、铍、铂、金,且128-1024通道的刺激输出电极包括钨丝、铂铍、铍金,所述神经信号传感器也可选用64通道的采集输入和64通道的刺激输出;

所述电生理信号采集/刺激前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集/刺激前端采用模拟转数字芯片来完成模拟信号采集和数字信号传输的功能,前端采集芯片选用RHD2164、RHD2132和RHS2116组合来完成前端最高128通道采集或刺激功能,RHD2164芯片采用LVDS协议,主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,RHS2116芯片采用LVDS SPI协议,主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,可产生10nA到2.55mA的刺激电流,并带有电荷恢复电路及故障电流检测;

所述系统主机处理部分与电生理信号采集/刺激前端电性连接,系统主机处理部分包括前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分、从设备连接扩展部分、数据传输模块、信息汇总处理部分和供电电源系统部分;

所述显示分析软件采用C++语言进行编写,且软件界面能够同时显示1024通道的数据波形,并可以进行滤波、尖峰波分拣和本地保存,并且还可以进行从设备扩展出的128-1024通道的数据显示。

2. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述神经信号传感器还可以嵌入光纤插芯针,用于光遗传方面的实验。

3. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述电生理信号采集/刺激前端的电路设计选择刚挠板和裸片绑定,且重量在1克以内。

4. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述前端通信部分与采集/刺激前端相连并直接通信,通信协议采用LVDS,通信功能部分采用CYCLONE IV FPGA来处理采集前端传输过来的信息,所述前端通信部分有8个这样的单元,与信息汇总处理部分连接实现1024通道数据的同步获取、数据分析、实时传输、任一通道刺激模式控制。

5. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述数字信号输入输出部分和模拟信号输入输出部分输出选用一片CYCLONE IV FPGA进行汇总处理,然后传输到信息汇总处理部分;所述数字输入模块以16路2-5V逻辑电平和1路时钟同步信号结合可作为16路编码输入,到处理器处理,用于记录离散事件;所述数字输出模块通过处理器以16路2-5V逻辑电平作为输出,用于触发外部标记或其他离散事件,所述数字输入模块也可扩展至64路2-5V逻辑电平;所述模拟输入模块以16通道记录肌电、心电等其它电生理信号并经模数转换后到处理器进行处理;所述模拟输出模块可将内部任一通道数据通过处理器传输到16通道的模拟输出模块进行模数转换后经所选的通道进行放大输出。

6. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述从设备连接扩展部分是用来连接从设备,汇总从设备信息并传输给信息汇总处理部分,此部分选用CYCLONE IV FPGA作为处理器,可对当前1024通道再扩展128-1024通道。

7. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:

所述数据传输模块采用光纤通信或USB3.0通信将信息汇总处理部分的信息传输到PC显示分析,所述数据传输模块以并行1024通道、每通道最高40kSPS 实时采集、16bit精度的最高性能工作下,每秒产生的数据量大于500Mbit,同时附加上模拟输出、模拟输入、数字输出、数字输入及快速通道的数据量,和数据格式协议自身消耗,系统总数据通信速率近1Gbit/S。

8. 根据权利要求7所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述光纤通信采用双模光纤通信方案作为数据传输载体,采用SFP接口光纤通信,其通信速率为1.25Gbps,通信距离最长达2KM, 与我们主通信控制单元间采用LVPECL接口连接,通讯主板选用CYS25G0101DX芯片并口方式接收PFGA的1024通道数据,并转换成LVPECL电平送入光纤模块。

9. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述信息汇总处理部分选用CYCLONE IV FPGA处理器进行汇总前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分和从设备连接扩展部分的信息并与信号传输部分进行通信,传至PC端软件显示。

10. 根据权利要求1所述的一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统,其特征在于:所述供电电源系统部位的供电方式采用120~240AC市电供电,经过稳压及电压转换电路产生 $\pm 5V$ 、3.3V、2.5V、1.2V,且3.3V、2.5V、1.2V用于主机系统的供电,而 $\pm 5V$ 用于信号调理、放大电路,电源部分均采用专用芯片隔离,减少噪声和其它高频干扰。

一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统

技术领域

[0001] 本发明涉及神经科学和生物医学工程技术领域,是一种高通量多通道电生理信号记录和刺激系统。

背景技术

[0002] 神经科学在当今的科研领域是一个重要的分支,从微观层面、介观层面到宏观层面都有很多的研究团队从事相关的工作。这其中,在介观层对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] 哺乳类动物的很多行为是通过大脑的神经元间的相互作用来实现,对于脑特定功能在神经元层的分析和理解需要在脑功能活动的状态下获取到相关的神经元活动的信息。神经元信号的放电频率一般在300Hz 以上,而与生物脑组织可相容的微电极一般采用镍镉合金等材料,神经元信号具有高阻抗特性。微电极记录到的多通道神经元放电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] 恒流刺激是分析脑认知因果关系的重要方法,通过将特定形状和频率的电流施加于生物体,可以在生物体行为上产生特定反应,并同步记录相对应的脑神经元信息,对于分析脑功能具有重要的价值。

[0005] 目前商业运用的进口系统通常为128通道,最高可扩展至512通道,但是扩展操作繁琐,需要多个主机并联使用,体积庞大,同时成本非常高,平均为50万美金。

发明内容

[0006] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提供一种成本低、体积较小的高通量多通道电生理信号记录和刺激系统。

[0007] 本发明采用的技术方案为:

一种多通道电生理信号记录和刺激系统,其创新点在于:包括神经信号传感器、电生理信号采集/刺激前端、系统主机处理部分和显示分析软件,具体的:

所述神经信号传感器由128-1024通道电极输入/输出组成,而128-1024通道的采集输入电极材质包括镍镉合金、铱、铂、金,且128通道的刺激输出电极包括钨丝、铂铱、铱金,所述神经信号传感器也可选用64通道的采集输入和64通道的刺激输出;

所述电生理信号采集/刺激前端与神经信号传感器电性连接,电生理信号采集/刺激前端采用模拟转数字芯片来完成模拟信号采集和数字信号传输的功能,前端采集芯片选用RHD2164、RHD2132和RHS2116组合来完成前端最高128通道采集或刺激功能,RHD2164芯片采用LVDS协议,主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,RHS2116芯片采用LVDS SPI协议,主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,可产生10nA到2.55mA的刺激电流,并带有电荷恢复电路及故障电流检测;

所述系统主机处理部分与电生理信号采集/刺激前端电性连接,系统主机处理部分包括前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分、从设备连接扩展部分、

数据传输模块、信息汇总处理部分和供电电源系统部分；

所述显示分析软件采用C++语言进行编写，且软件界面能够同时显示1024通道的数据波形，并可以进行滤波、尖峰波分拣和本地保存，并且还可以进行从设备扩展出的128-1024通道的数据显示。

[0008] 进一步的，所述神经信号传感器还可以嵌入光纤插芯针，用于光遗传方面的实验。

[0009] 进一步的，所述电生理信号采集/刺激前端的电路设计选择刚挠板和裸片绑定，且重量在1克以内。

[0010] 进一步的，所述前端通信部分与采集/刺激前端相连并直接通信，通信协议采用LVDS，通信功能部分采用CYCLONE IV FPGA来处理采集前端传输过来的信息，所述前端通信部分有8个这样的单元，与信息汇总处理部分连接实现1024通道数据的同步获取、数据分析、实时传输、任一通道刺激模式控制。

[0011] 进一步的，所述数字信号输入输出部分和模拟信号输入输出部分输出选用一片CYCLONE IV FPGA进行汇总处理，然后传输到信息汇总处理部分；所述数字输入模块以16路2-5V逻辑电平和1路时钟同步信号结合可作为16路编码输入，到处理器处理，用于记录离散事件；所述数字输出模块通过处理器以16路2-5V逻辑电平作为输出，用于触发外部标记或其他离散事件，所述数字输入模块也可扩展至64路2-5V逻辑电平；所述模拟输入模块以16通道记录肌电、心电等其它电生理信号并经模数转换后到处理器进行处理；所述模拟输出模块可将内部任一通道数据通过处理器传输到16通道的模拟输出模块进行模数转换后经所选的通道进行放大输出。

[0012] 进一步的，所述从设备连接扩展部分是用来连接从设备，汇总从设备信息并传输给信息汇总处理部分，此部分选用CYCLONE IV FPGA作为处理器，可对当前1024通道再扩展128-1024通道。

[0013] 进一步的，所述数据传输模块采用光纤通信或USB3.0通信将信息汇总处理部分的信息传输到PC显示分析，所述数据传输模块以并行1024通道、每通道30kSPS 实时采集、16bit精度的最高性能工作下，每秒产生的数据量大于500Mbit，同时附加上模拟输出、模拟输入、数字输出、数字输入及快速通道的数据量，和数据格式协议自身消耗，系统总数据通信速率近1Gbit/S。

[0014] 进一步的，所述光纤通信采用双模光纤通信方案作为数据传输载体，采用SFP接口光纤通信，其通信速率为1.25Gbps，通信距离最长达2KM，与我们主通信控制单元间采用LVPECL接口连接，通讯主板选用CYS25G0101DX芯片并口方式接收PFGA的1024通道数据，并转换成LVPECL电平送入光纤模块。

[0015] 进一步的，所述信息汇总处理部分选用CYCLONE IV FPGA处理器进行汇总前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分和从设备连接扩展部分的信息并与信号传输部分进行通信，传至PC端软件显示。

[0016] 进一步的，所述供电电源系统部位的供电方式采用120~240AC市电供电，经过稳压及电压转换电路产生 $\pm 5V$ 、3.3V、2.5V、1.2V，且3.3V、2.5V、1.2V用于主机系统的供电，而 $\pm 5V$ 用于信号调理、放大电路，电源部分均采用专用芯片隔离，减少噪声和其它高频干扰。

[0017] 本发明的有益效果如下：

1. 本发明成本较低、使用便捷，能够实现同时记录1024通道，且每通道采样率30kSPS

(等效采样率为40kSPS),采样精度达到16bit,实现高精度采集,而且传输速度快且稳定。

[0018] 2.采集前端选用模拟转数字的方式,信号传输线芯为12-15芯,区别于传统的模拟前端带来的多通道采集使用相应数量线芯传输,无法使用到体型较小的被试上。

[0019] 3.采集前端设计较小,电路采用刚挠板设计和裸片绑定,尺寸在13mm*18mm左右,重量在1.5克左右。在这样的指标下仍可以做到128通道的采集,区别于传统方案中较多通道前端的体积重量较大。

[0020] 4.采集前端设计把采集和刺激集成到一起,能够精准定位在一个区域同时刺激和采集,区别于传统系统中采集和刺激分开,无法进行同步。

[0021] 5.通信功能部分采用CYCLONE IV FPGA来处理采集前端传输过来的信息,CYCLONE IV FPGA处理器可以对信号进行实时处理,并行工作,工作主频可达300MHz,满足128通道的数据进行实时传输,并且在前端通信部分嵌入了滤波算法和特征检测算法,能够对采集刺激前端传输上来的信号进行预处理。

[0022] 6.前端通信部分设计为8个单元,组成1024通道采集/刺激,每个单元设计都为为一个FPGA处理器来进行通信和滤波、特征检测等预处理,然后将处理信号发送给信息汇总处理部分,区别于传统系统中单一中央处理器资源太少无法同时进行通信和滤波、特征检测等预处理任务。

[0023] 7.系统采用多组FPGA处理器分工处理,并汇总中央处理的方式,使得整个系统的高效率运行,使得采集1024通道数据和扩展通道采集成为可能,区别于传统采集主机单一中央处理器设计,采集通道较少的情况。

[0024] 8.系统采用USB 3.0和光纤通信,提高了系统主机和电脑PC间的传输速度,使得传输1024通道数据和扩展通道的数据成为可能,区别于传统的数据传输接口较低的通信带宽,USB3.0通信采用CYPRESS公司的USB3.0芯片作为传输的载体,能够提供5Gbps的传输速度,其芯片内部自带 USB3.0协议解析功能,能够保证了1024通道数据数据传输的稳定性和正确性。

[0025] 9.系统可扩展从系统接入,可以在1024通道的基础上增加128-1024通道,并可以对所有通道进行同步,区别于传统系统中通道较少的情况。

附图说明

[0026] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

[0027] 图1为本发明的原理示意图;

图2为本发明中采集/刺激前端与系统主机通信示意图;

图3为本发明中模块间通信架构图;

图4为本发明中电源组成框图;

图5为本发明中光纤通信电路图;

图6为本发明中USB通信框架图;

图7为本发明采集的神经元信号波形图。

具体实施方式

实施例

[0028] 如图1所示,一种多通道电生理信号记录和刺激系统,包括神经信号传感器、电生理信号采集/刺激前端、系统主机处理部分和显示分析软件。系统主机处理部分包括前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分、从设备连接扩展部分、数据传输部分、信息汇总处理部分和供电电源系统部分。

[0029] 如图2所示,电生理信号采集/刺激前端采用模拟转数字芯片来完成模拟信号采集/刺激和数字信号传输的功能,采集/刺激前端电路核心芯片选择INTAN公司的RHD2164、RHD2132和RHS2116组合来完成前端的128通道的采集或刺激RHD2164/ RHD2132/RHS2116芯片采用LVDS协议,主频为24MHz,采用DDR方式锁存数据,FPGA间传输采用LVDS方式传输,CYCLONE IV 的具有硬件LVDS功能,且传输速率大于500Mbps,而且通过理论计算得出,最大所有FPGA间通信量(数据+命令字符 $\leq 200\text{Mbps}$),因此 FPGA系列型号能够满足设计要求。

[0030] 如图3所示,系统主机处理部分包括前端通信部分、数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分、从设备连接扩展部分、数据传输部分、信息汇总处理部分和供电电源系统部分。前端通信部分使用8个FPGA处理单元(FPGA1-8),数字信号输入输出部分、模拟信号输入输出部分使用一个FPGA处理单元(FPGA9),从设备连接扩展部分使用一个FPGA处理单元(FPGA10),信息汇总处理部分使用一个FPGA处理单元(FPGA0)并且汇总FPGA1-10的数据通过数据传输部分传送到电脑端显示,数据传输部分通过光纤或USB3.0接口将已经准备好的数据发送至上位机。这里选用ALTERA公司的CYCLONE IV FPGA作为整个系统的通信核心处理器。第一类数据获取单元(FPGA1-9)为单个Bank数据采集和外设处理单元,主要负责与外部设备的命令通信和数据传输,并将获取到的数据暂存于内部的寄存器中,等待FPGA 数据获取单元将记录数据取走数据同步获取、实时传输的功能;第二类信息汇总处理单元(FPGA0):主要负责设备与上位机软件数据和控制命令的通信,并对外设模块实时任务调度,根据外设数据获取单元状态标志位,判断外设运行状态,将各个外设所获取的数据按照内部数据协议有机的结合起来存入FIFO中,调用USB或光纤传输模块将已经准备好的数据发送给上位机,并接受PC上位机下达的命令,配置外设模块新的任务命令。采用高速高性能FPGA 及24 位快速高精度AD 转换器进行模拟信号的数据采集。

[0031] 如图4所示,电源系统的供电方式采用120~240AC市电供电,经过稳压及电压转换电路产生 $\pm 5\text{V}$ 、3.3V、2.5V、1.2V,且3.3V、2.5V、1.2V用于FPGA数字系统的供电,而 $\pm 5\text{V}$ 用于信号调理、放大电路。

[0032] 如图5所示,光纤采用成熟的双模光纤通信方案。采用SFP 接口光纤通信模块,其通信速率为1.25Gbps,通信距离最长达2KM,与我们主通信控制单元间采用LVPECL 接口连接,通讯主板选用CYS25G0101DX芯片并口方式(155MHz@16bit)接收FPGA的1024通道数据,并转换成LVPECL电平送入光纤模块。选用光纤作为数据传输媒介,又能起到很好的电器隔离效果。

[0033] 如图6所示,USB3.0接口采用CYPRESS公司的USB3.0芯片作为传输的载体,能够提供5Gbps的传输速度,其芯片内部自带 USB3.0协议解析功能,能够保证了1024通道数据数据传输的稳定性和正确性。

[0034] 如图7所示,上位机上显示不同的波形,方便后期的研究。

[0035] 以上所述是本发明的优选实施方式,不能以此来限定本发明之权利范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明的保护范围。

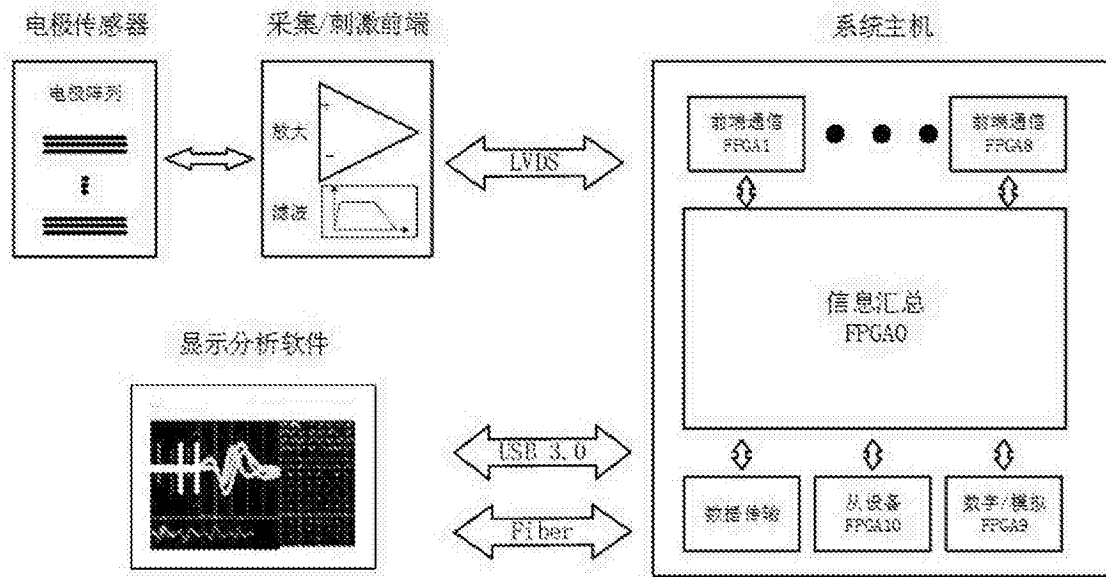


图1

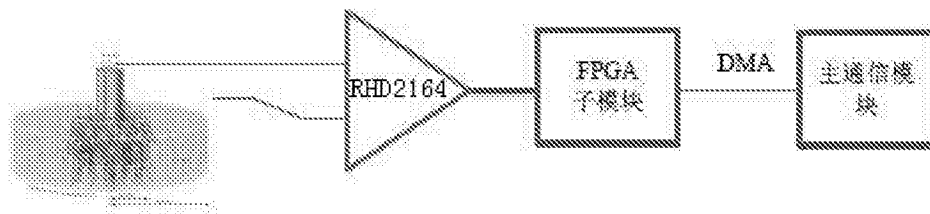


图2

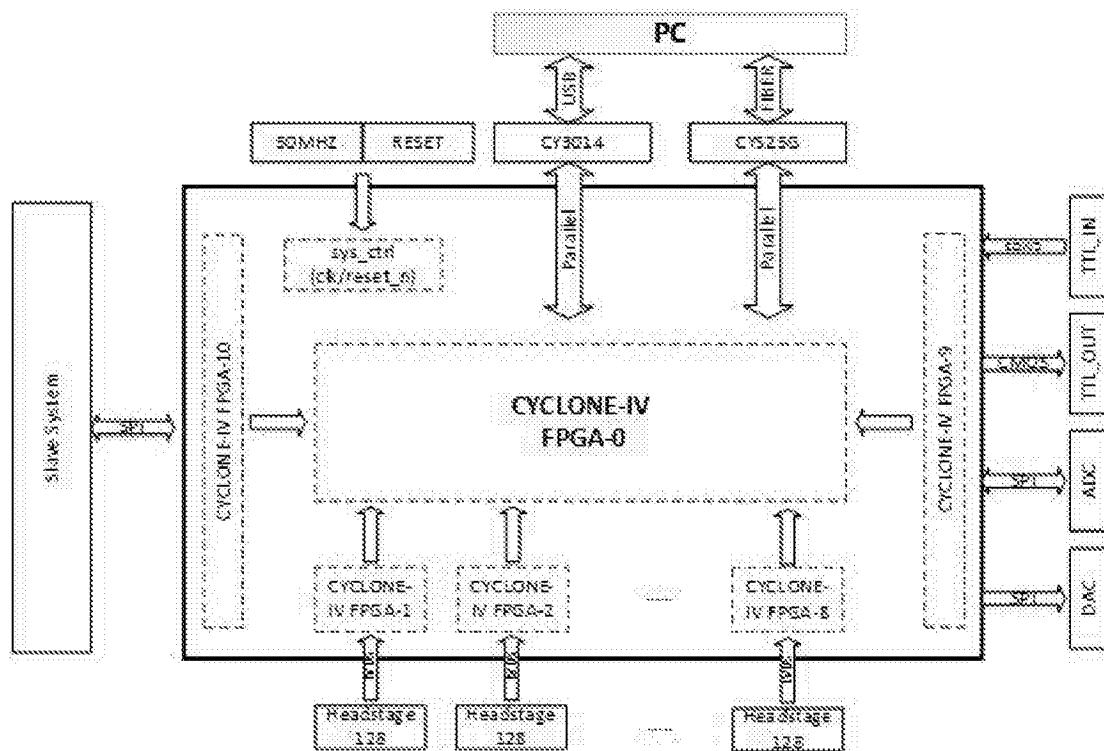


图3

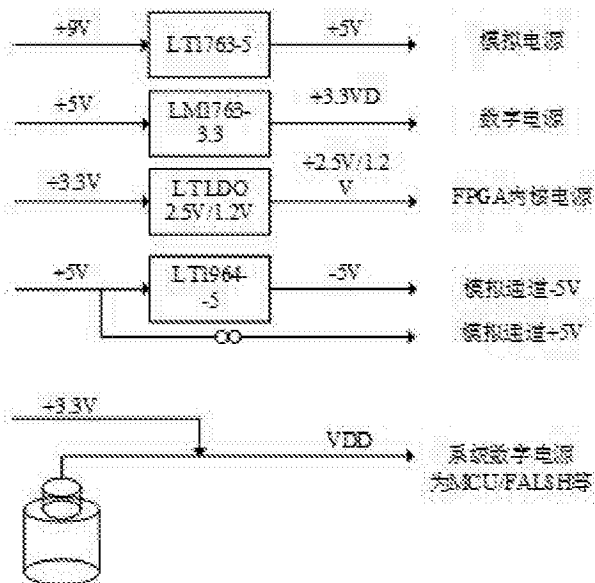


图4

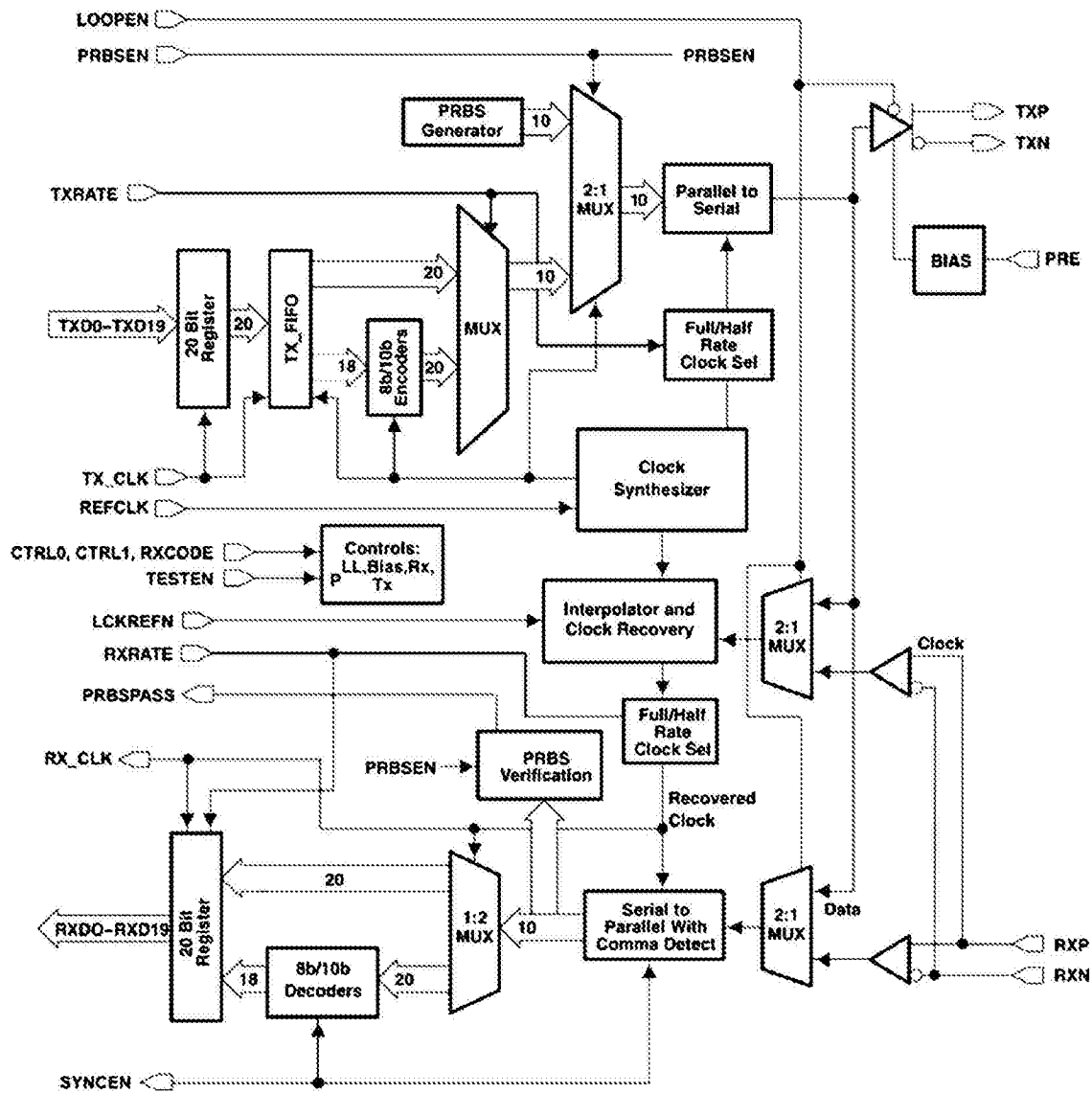


图5

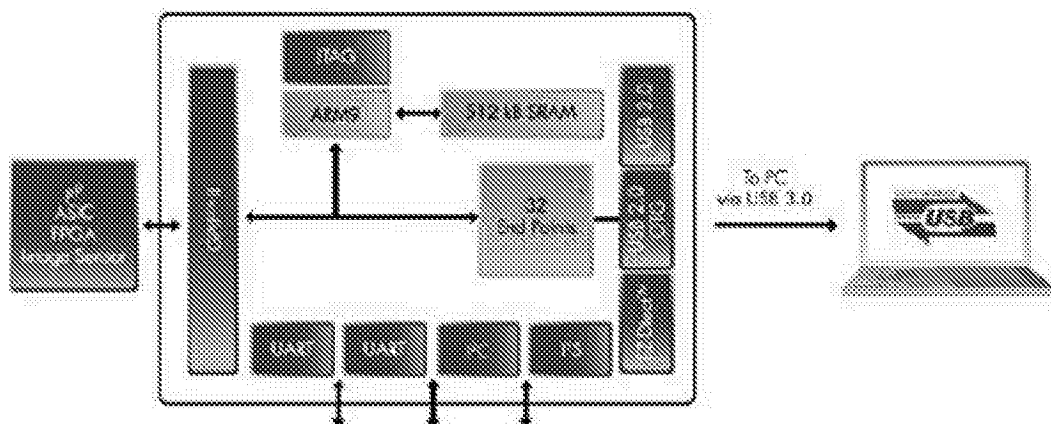


图6

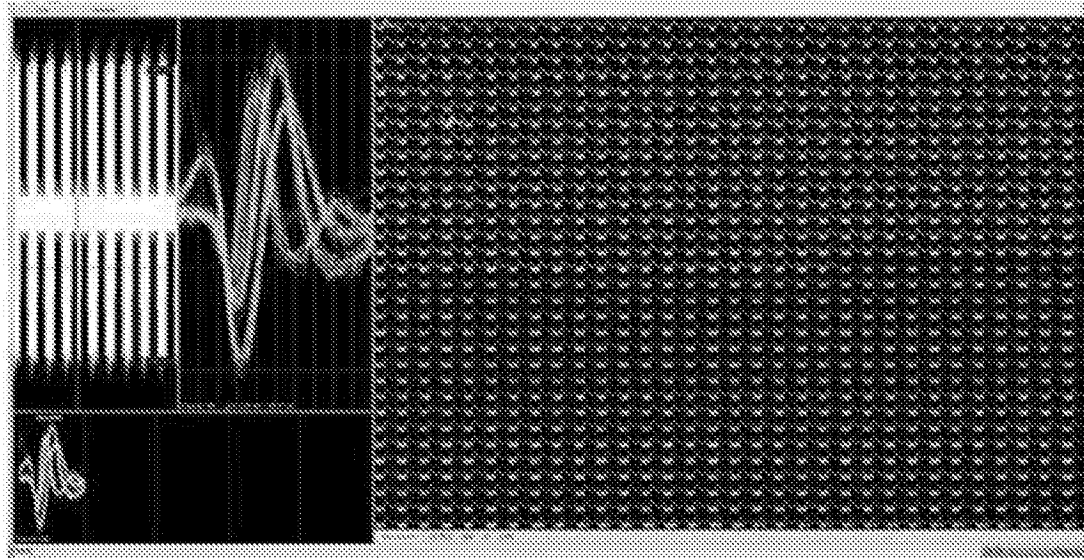


图7

专利名称(译)	一种高通量多通道电生理信号记录与刺激系统		
公开(公告)号	CN107970031A	公开(公告)日	2018-05-01
申请号	CN2017110606472.5	申请日	2017-07-24
[标]发明人	吴正平 李卫东 谢战战 魏欢		
发明人	吴正平 李卫东 谢战战 魏欢		
IPC分类号	A61B5/04 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04001 A61B5/7225 A61B2560/0214		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种多通道电生理信号记录和刺激系统，包括神经信号传感器、电生理信号采集/刺激前端、系统主机处理部分和显示分析软件。其优点在于：本发明成本较低、使用便捷，能够实现同时记录1024通道，且每通道采样率30kSPS（等效采样率为40kSPS），采样精度达到16bit，实现高精度采集，而且传输速度快且稳定。

