



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111067515 A

(43)申请公布日 2020.04.28

(21)申请号 201911264976.9

(22)申请日 2019.12.11

(71)申请人 中国人民解放军军事科学院军事医学研究院

地址 100036 北京市海淀区太平路27号

(72)发明人 王常勇 周瑾 柯昂

(74)专利代理机构 北京成实知识产权代理有限公司 11724

代理人 叶立涛

(51)Int.Cl.

A61B 5/0478(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

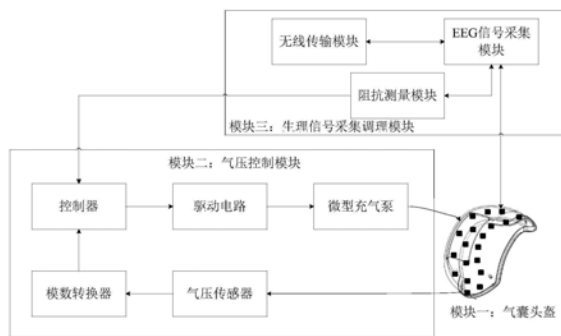
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统。该头盔系统包括气囊头盔、生理信号采集调理模块和气压控制模块。气囊头盔包括头盔外壳、可充气气囊、国际10-20系统电极和柔性电路板。生理信号采集调理模块用于EEG信号和阻抗信号采集及传输，气压控制模块采用闭环PID控制算法控制可充气气囊的充气或放气，从而调节电极和头皮的接触力度。本发明采用闭环PID控制技术解决自动寻找电极和头皮之间的最优接触阻抗问题，解决了开环系统EEG信号采集过程中电极和头皮之间阻抗的动态变化引起的EEG信号质量的下降，避免了人工手动调整电极和头皮的接触力度，提高了EEG信号测量精度和自动化程度。



1. 一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,其特征在于,所述智能气囊头盔系统包括气囊头盔、生理信号采集调理模块和气压控制模块;

所述气囊头盔包括头盔外壳、可充气气囊、国际10-20系统电极和柔性电路板,国际10-20系统电极分布在柔性电路板上,柔性电路板填充在头皮和可充气气囊之间,柔性电路板可以弯曲变形;

所述生理信号采集调理模块用于EEG信号的测量、电极和头皮之间接触阻抗的测量以及测量的无线传输;

所述气压控制模块采集头盔中实际的气压量,根据生理信号采集调理模块采集的接触阻抗信息、生理信号采集调理模块预设的理想气压量,采用闭环PID控制算法计算出实际控制量,控制可充气气囊的充气或放气,从而调节电极和头皮的接触力度。

2. 根据权利要求1所述一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,其特征在于,所述生理信号采集调理模块包括阻抗测量模块、EEG信号采集模块和无线传输模块;所述阻抗测量模块可以产生可变频率和幅度的交流电刺激信号刺激头皮,测量得到电极和头皮的接触阻抗,根据接触阻抗得到理想的气囊气压值作为气压控制模块的输入;所述无线传输模块用于通过无线传输方式传输EEG信号给其它终端设备,无线传输的方式可以是蓝牙、Zigbee、Wifi。

3. 根据权利要求2所述一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,其特征在于,所述生理信号采集调理模块还包括控制器、EEG信号预处理放大电路、低通滤波电路、多通道AD转换器,所述EEG信号预处理放大电路用于调整信号的放大倍数,控制器用于设置数字电位器的阻值从而调整前端信号的放大倍数,低通滤波电路用于消除EEG信号预处理放大电路输出信号的高频干扰,然后输入给多通道AD转换器,控制器还可以设置多通道AD转换器的采样参数。

4. 根据权利要求2所述一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,其特征在于,所述阻抗测量模块由阻抗测量控制器、直接数字式频率合成器DDS、数模转换器DAC、滤波放大电路1、恒流源电路、低通滤波电路和模数转换器ADC所组成;所述阻抗测量控制器可以设置数字式频率合成器DDS产生正弦信号的频率,然后通过数模转换器DAC转换为模拟信号经滤波放大电路1放大后经过恒流源电路产生安全幅度的正弦信号施加到头皮,头皮针对正弦激励信号产生的响应信号经过低通滤波电路和模数转换器ADC后反馈给阻抗测量控制器,阻抗测量控制器使用DFT算法进行处理,即可算出该频率点的阻抗幅度和相对相位。

5. 根据权利要求1所述一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,其特征在于,所述气压控制模块包括气压传感器、微型充气泵、模数转换器、控制器和驱动电路;所述气压传感器用于实时将可充气气囊中气压值转换为对应模拟电信号,然后经过模数转换器转换为数字电信号输入给控制器;控制器用于通过比较生理信号采集调理模块输入的标准气压信号对应的数字电信号和气压传感器采集气囊中实际气压转换后对应的数字电信号,得到气压误差对应的数字电信号,然后根据误差量采用PID控制技术计算得到PWM控制量,PWM控制量经过驱动电路控制微型充气泵实现对可充气气囊的充气和放气。

## 一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及控制科学和生物医学交叉技术领域,特别涉及一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统。

### 背景技术

[0002] 脑电图 (EEG) 是脑神经细胞电生理活动在大脑皮层或头皮表面的总体反映。在临床医学方面,脑电信号中包含了大量的生理与疾病信息,脑电信号采集处理不仅可为某些脑疾病提供诊断依据,还可以提供有效的治疗手段。在工程应用方面,人们也尝试利用脑电信号实现脑-计算机接口 (BCI),利用人对不同的感觉、运动或认知活动的脑电信号的不同,通过对脑电信号的有效提取和分类达到某种控制目的。因此,准确可靠地采集 EEG 信号具有重要的临床医学应用价值。

[0003] 头皮表面的 EEG 信号相对于其它的生理信号非常微弱,在微伏数量级。在测量时,不可避免地会产生一些干扰而影响采集 EEG 信号的质量,这些干扰主要来自受试者本身的干扰和设备的干扰。受试者本身的干扰主要有运动伪迹、出汗伪迹、眨眼和其它眼动、心电伪迹和肌电伪迹等。设备的干扰主要有 50Hz 工频干扰、电极安放时接触不良和电磁干扰等。

[0004] 现有专利对 EEG 信号处理算法研究的比较多,但是算法的基础是 EEG 信号的准确采集。现有的 EEG 信号采集头盔虽然可以用于 EEG 信号采集,如专利 CN201520238951.2,但是,采集 EEG 信号准确程度很大程度上依赖于电极和头皮的接触力度,有时甚至需要人工调整电极和头皮的接触程度,因此,研究一种可实时闭环地调整电极和头皮之间接触力度的智能头盔系统具有重要的工程应用价值。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于利用 PID 闭环控制技术解决目前存在的电极和头皮的最优接触阻抗问题,以及开环系统中 EEG 信号测量过程中被测对象状态不同导致接触阻抗变化,需要人工手动调整电极和头皮的接触力度才能达到 EEG 信号最优测量的问题,本发明提出了一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统。

[0006] 为达到上述目的,采用如下技术方案:

[0007] 一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,包括气囊头盔、生理信号采集调理模块和气压控制模块。气囊头盔包括头盔外壳、可充气气囊、国际 10-20 系统电极和柔性电路板;生理信号采集调理模块包括阻抗测量模块、EEG 信号采集模块和无线传输模块;气压控制模块包括气压传感器、微型充气泵、模数转换器、控制器和驱动电路。

[0008] 所述国际 10-20 系统电极分布在柔性电路板上,柔性电路板填充在头皮和可充气气囊之间,通过可充气气囊中气体量可以调节电极和头皮的接触力度,达到阻抗调节功能。

[0009] 所述生理信号采集调理模块完成 EEG 信号的测量、电极和头皮之间接触阻抗的测量以及测量的无线传递,无线传输的方式可以是蓝牙、Zigbee、Wifi。所述生理信号采集调理模块中的阻抗测量模块可以产生阻抗测量的可变幅度、频率的交流电刺激信号。所述阻

抗测量模块将测量的电极和头皮的接触阻抗作为气压控制模块的反馈输入,和气压控制模块预设的标准接触阻抗值进行比较得到阻抗误差,根据阻抗误差决定是否调节气囊气压以及调节气压的方向。在调节气压时,通过气压传感器采集实际头盔中的气压量,然后和生理信号采集调理模块理想的气压量比较后得到气压误差,然后气压控制模块中的控制器根据气压误差,采用闭环PID控制算法计算出实际控制量,实际控制量经过驱动电路功率放大后,通过执行机构微型控制泵实现对可充气气囊的充气或放气,从而调节电极和头皮的接触力度。

[0010] 该系统的主要工作原理如下:该智能气囊头盔系统中生理信号采集调理模块主要完成EEG信号的采集和传输,其他模块都是辅助提高EEG信号采集的精度和准确性。生理信号采集调理模块可以将采集的EEG信号和阻抗信号通过无线方式传输,传输的方式可以是蓝牙、Zigbee,Wifi等。在EEG信号采集过程中,电极和头皮的接触阻抗值是影响EEG信号采集精度和准确性的重要因素。可充气气囊通过充气或放气调整柔性电路板和头皮的接触力度,从而调整电极和头皮的接触力度。阻抗测量模块可以产生可变频率和幅度的交流电刺激信号刺激头皮,测量得到电极和头皮的接触阻抗,根据接触阻抗得到理想的气囊气压值作为气压控制模块的输入,另一方面,气压控制模块中的气压传感器测量气囊中的气压作为反馈输入,气压控制模块中的控制器根据气压误差,利用闭环PID控制算法计算出控制量,经过驱动电路功率放大后,通过执行机构微型控制泵实现对可充气气囊的充气或放气。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:本发明的一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统采用闭环PID控制技术解决自动寻找电极和头皮之间的最优接触阻抗问题,解决了开环系统EEG信号采集过程中电极和头皮之间阻抗的动态变化引起的EEG信号质量的下降的问题,避免了需要人工手动调整电极和头皮的接触力度的麻烦,提高了EEG信号测量精度和自动化程度。

## 附图说明

[0012] 图1为本发明一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统组成图。

[0013] 图2为本发明智能气囊头盔的结构示意图,图中1-头盔外壳,2-可充气气囊,3-国际10-20系统电极,4-柔性电路板。

[0014] 图3为本发明生理信号采集调理模块组成图。

[0015] 图4为本发明生理信号采集调理模块中EEG信号预处理放大电路图。

[0016] 图5为本发明气压控制模块组成图。

[0017] 图6为本发明PWM驱动电路逻辑部分的原理图和波形图。

[0018] 图7为本发明一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统流程图。

[0019] 图8为本发明阻抗测量模块组成图。

[0020] 图9为本发明恒流源电路原理图。

[0021] 图10为本发明PID控制闭环控制系统示意图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合附图和实施例对本发明作详细描述,但应当理解的是,本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制。

### [0023] 实施例1

[0024] 如图1所示,一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统,由气囊头盔、生理信号采集调理模块和气压控制模块所组成。生理信号采集调理模块完成EEG信号的测量、电极和头皮之间接触阻抗的测量以及测量的无线传递,无线传输的方式可以是蓝牙、Zigbee、Wifi。生理信号采集调理模块中的阻抗测量模块可以产生阻抗测量的可变幅度、频率的交流电刺激信号。气压控制模块用于闭环控制微型控制泵对气囊进行充气或放气调节电极和皮肤的接触力度。气囊头盔的结构如图2所示,由头盔外壳1、可充气气囊2、国际10-20系统电极3和柔性电路板4所组成。头盔外壳使用轻质材料,国际10-20系统电极分布在柔性电路板上,柔性电路板填充在头皮和可充气气囊之间,柔性电路板可以弯曲变形,通过可充气气囊中气体量可以调节电极和头皮的接触力度,达到阻抗调节功能。

[0025] 生理信号采集调理模块如图3所示,由电极、阻抗测量模块、控制器、EEG信号预处理放大电路、低通滤波电路、多通道AD转换器和无线传输模块所组成。EEG信号预处理放大电路的原理图如图4所示,R13用于调整信号的放大倍数,在实际使用是不局限于具体电阻值,也可以使用数字电位器。控制器可以设置数字电位器的阻值从而调整前端信号的放大倍数。低通滤波电路用于消除EEG信号预处理放大电路输出信号的高频干扰,然后输入给多通道AD转换器,控制器还可以设置多通道AD转换器的采样参数。阻抗测量模块测量电极和头皮之间的接触阻抗,无线传输模块可以通过无线的方式传输EEG信号给其它终端设备,无线传输的方式可以是蓝牙、Zigbee、Wifi,但是不限于这几种无线传输方式。

[0026] 其中阻抗测量模块如图8所示,由阻抗测量控制器、直接数字式频率合成器DDS、数模转换器DAC、滤波放大电路1、恒流源电路、低通滤波电路和模数转换器ADC所组成。阻抗测量控制器可以设置数字式频率合成器DDS产生正弦信号的频率 $f_1$ ,当参考时钟为 $f$ 时,相位累加器值为 $M$ ,累加器为32位时,产生正弦信号的频率为 $f_1 = f \times M / 2^{32}$ ,然后通过数模转换器DAC转换为模拟信号经滤波放大电路1放大后经过恒流源电路产生安全幅度的正弦信号施加到头皮,为了保证安全性,滤波放大电路1的输出有限幅保护。另一方面,头皮针对正弦激励信号产生的响应信号经过低通滤波电路和模数转换器ADC后反馈给阻抗测量控制器,阻抗测量控制器使用DFT算法进行处理,即可算出该频率点的阻抗幅度和相对相位。恒流源电

路原理如图9所示,电流源电路的输入是 $V_0$ ,恒流源的输出 $i = \frac{(R_5 + R_6)}{R_4} / R_5 \times V_0 = 0.11V_0 mA$ ,

阻抗测量时将被测对象串接再接口P4上,图中电容C1在负反馈上提供单主极点,以防止出现持续振荡。

[0027] 气压控制模块如图5所示,由气压传感器、模数转换器、控制器、PWM驱动电路、微型充气泵和阀门所组成。气压传感器实时将可充气气囊中气压值转换为对应模拟电信号,然后经过模数转换器转换为数字电信号输入给控制器,控制器通过比较生理信号采集调理模块输入的标准气压信号对应的数字电信号和气压传感器采集气囊中实际气压转换后对应的数字电信号,得到气压误差对应的数字电信号,然后根据误差量采用PID控制技术计算得到PWM控制量,PWM控制量经过H桥驱动电路控制微型充气泵实现对可充气气囊的充气 and 放气。图6为PWM驱动电路逻辑部分的原理图和波形图,图中输出的波形可以施加到H桥电路上进行功率放大后驱动微型充气泵,图6的时间T时死区时间,可以防止H桥电路中上下桥臂同时导通。图中的波形是U3A、U3B输出示意图。本发明PID控制闭环控制系统示意图如图10所

示,图中误差量为 $e$ ,代表气压误差值,根据误差量算出的控制量 $u = K_p e + K_d \frac{de}{dt} + K_i \int e dt$ ,

将控制量 $u$ 施加到被控对象微型充气泵上。图中的PID控制器可以使用模拟PID也可以使用数字PID。

[0028] 本实施例一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统流程图如图7所示。为了提高系统的续航能力,软件上电后处于低功耗模式,用户可以根据需求发送的不同的控制命令执行不同的程序流程,主要流程有EEG信号采集流程、阻抗测量流程和气囊控制流程。为提高程序的抗干扰能力,控制命令在执行时需要三次握手确认,如果三次发送的命令都相同才执行对应的流程。

[0029] EEG信号采集流程如下:首先,用户通过无线的方式设置采样频率、采样时长、滤波器带宽、放大倍数、通道数、加密方式等参数;其次,生理信号采集调理模块接收到参数会对参数的范围进行合理性判断,如果参数在正常范围内才更新参数设置,如果设置的参数超过范围,采用默认的参数进行工作;再次,生理信号采集调理模块等待AD转换参数配置命令帧启动AD采集,并将采集后的EEG信号进行存储、编码和加密;最后,生理信号采集调理模块可以通过无线的方式将采集的EEG信号返回给用户。

[0030] 阻抗测量工作流程如下:首先,用户通过无线的方式设置激励交流电流信号的频率、幅度、恒流源电流大小等参数;其次,使用DDS技术和恒流源技术产生激励交流信号通过一电极施加到头皮;最后,采用另一电极拾取在电流激励下被测组织产生的电压,然后使用DFT算法计算得到阻抗值。

[0031] 气囊控制流程如下:首先,用户可以设置要达到的理想阻抗值;其次,根据理想阻抗值折算出气囊的理想气压值和气压传感器测出的实际气压值,得到误差量;然后,根据误差量采用PID算法生成PWM控制波形,驱动微型充气泵。当气压不足需要充气时,打开充气阀门,向气囊充气;当气压过高时,打开放气阀门,对气囊进行放气,从而达到根据阻抗值动态实时调整电极和头皮的接触力度。

[0032] 等上述EEG信号采集流程、阻抗测量工作流程、气囊控制流程结束后,设备进入低功耗状态,增强了设备的续航能力。

[0033] 以上公开的仅为本发明的具体实施例,但是,本发明并非局限于此,任何本领域的技术人员能思之的变化都应落入本发明的保护范围。

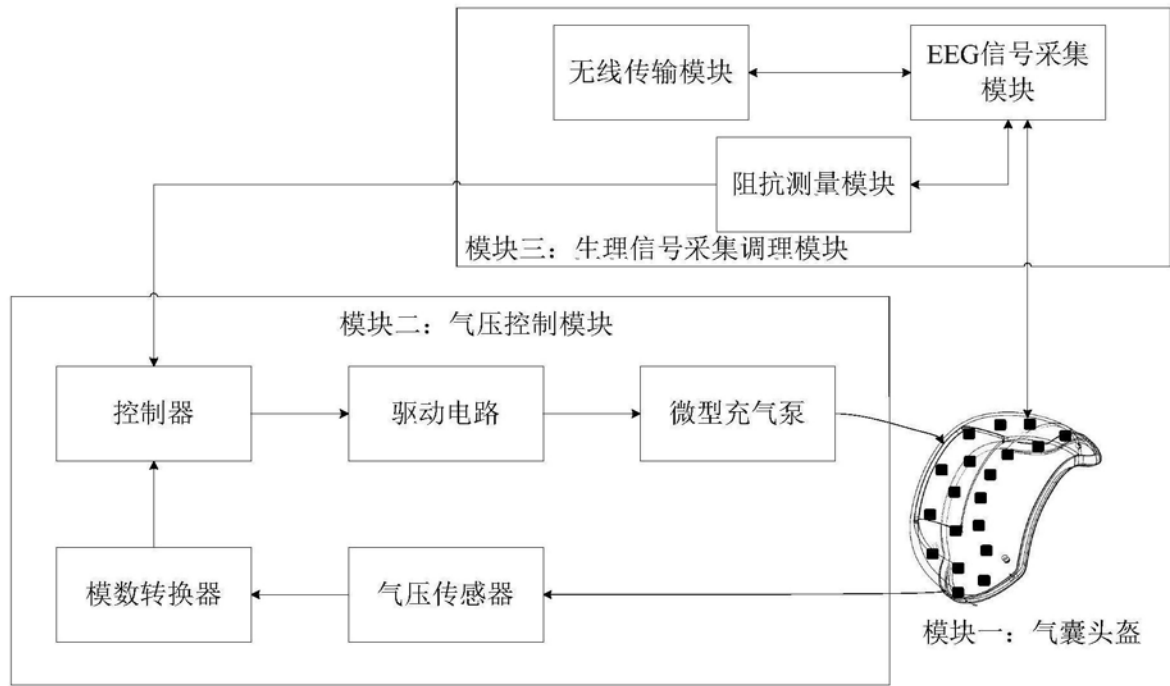


图1

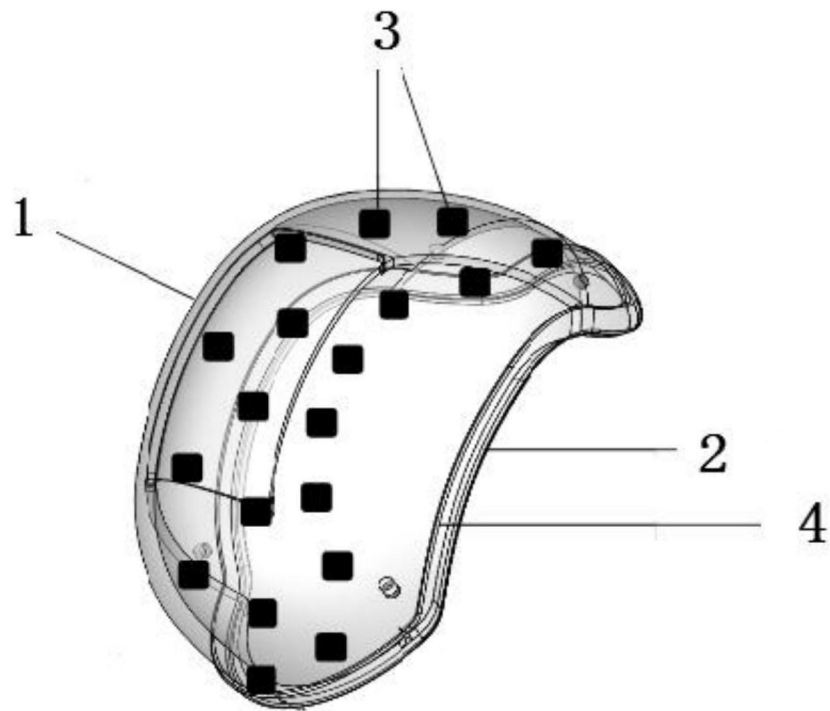


图2

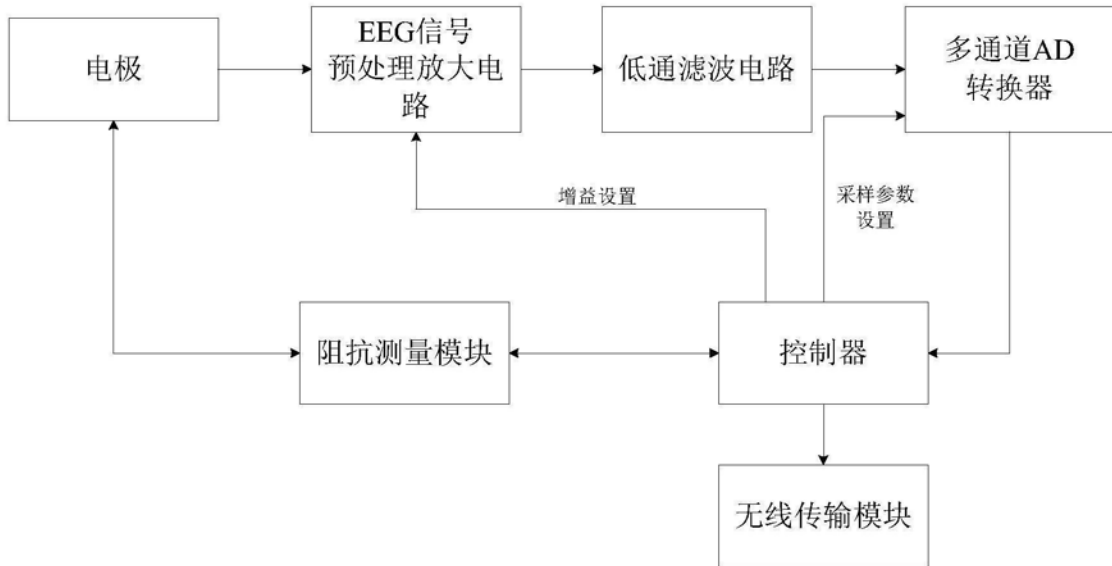


图3

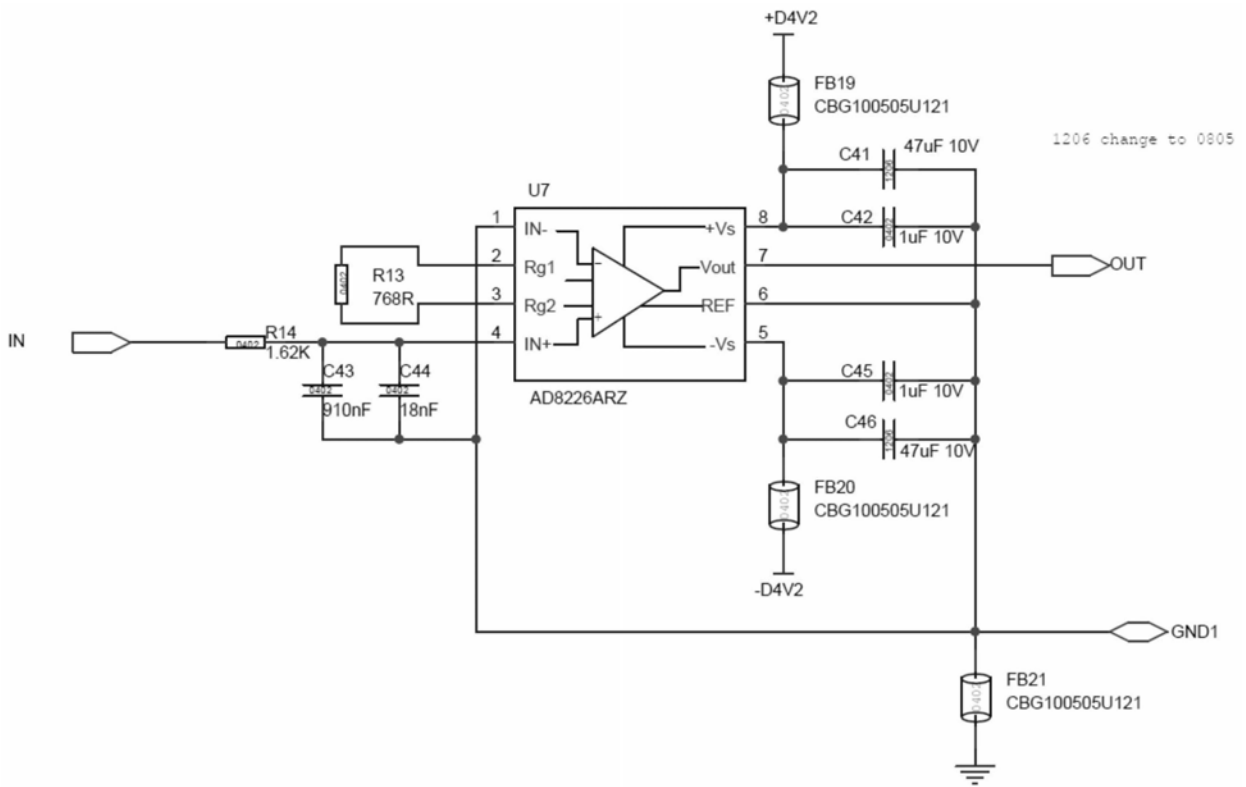


图4

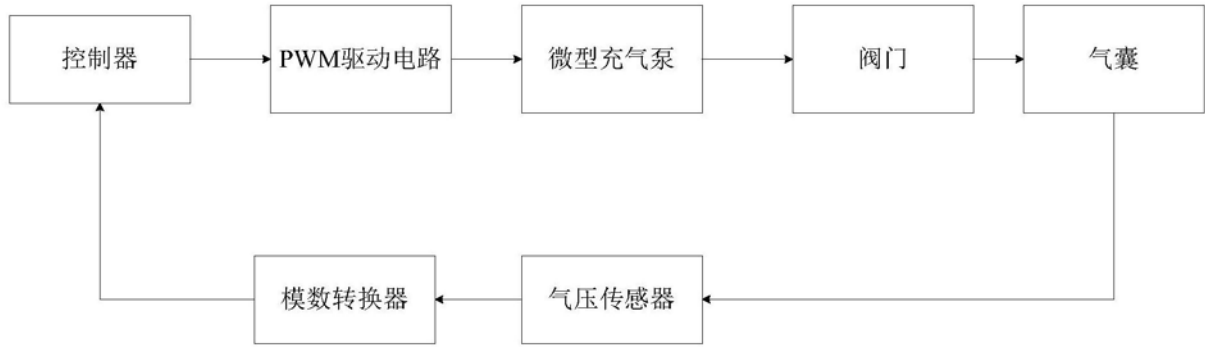


图5

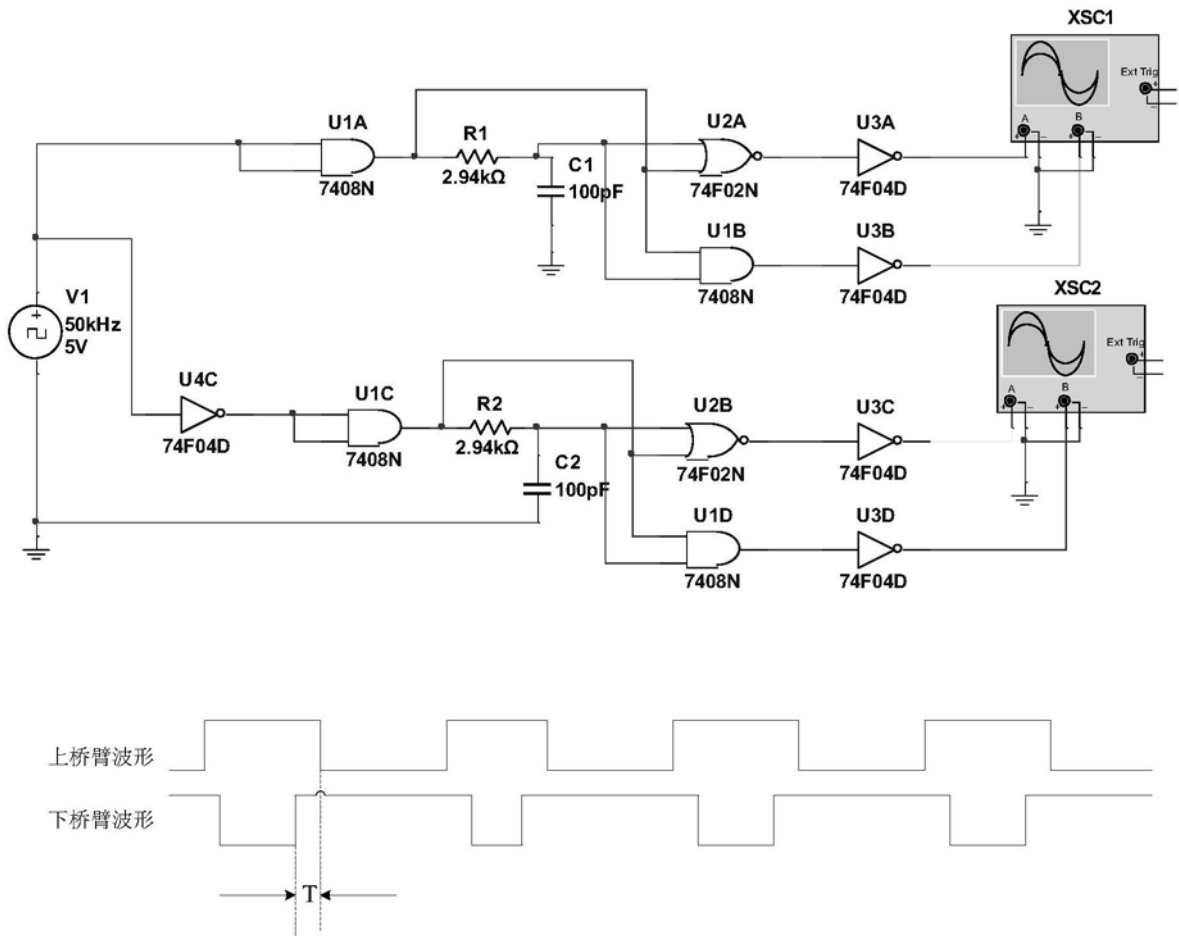


图6

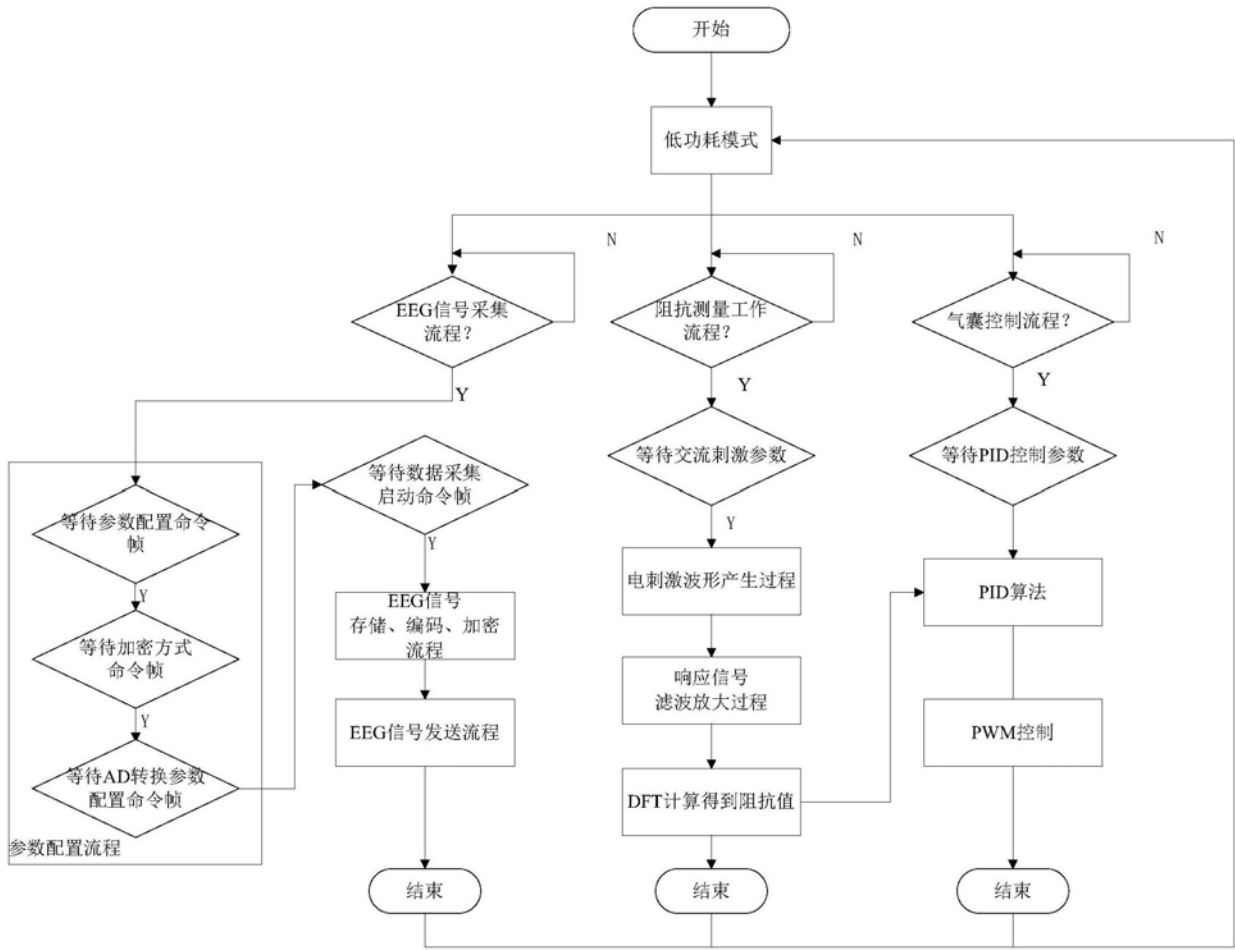


图7

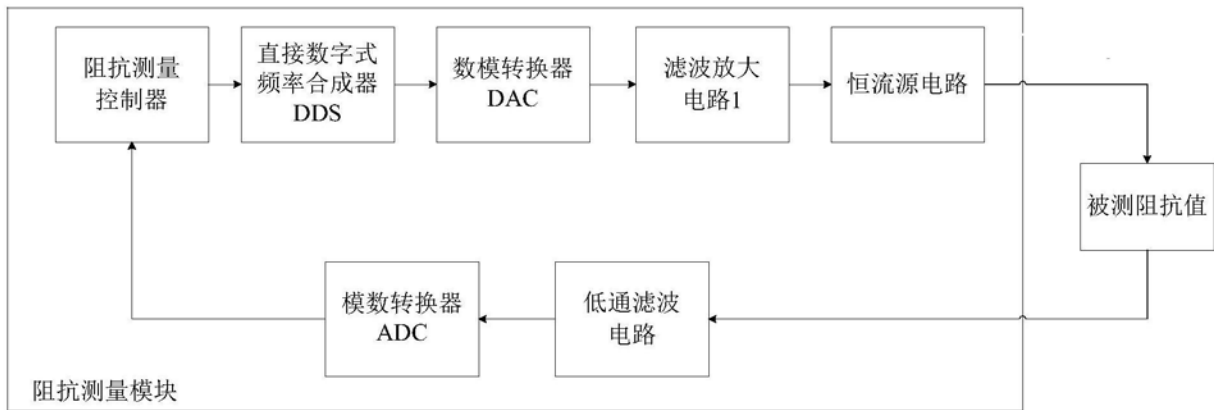


图8

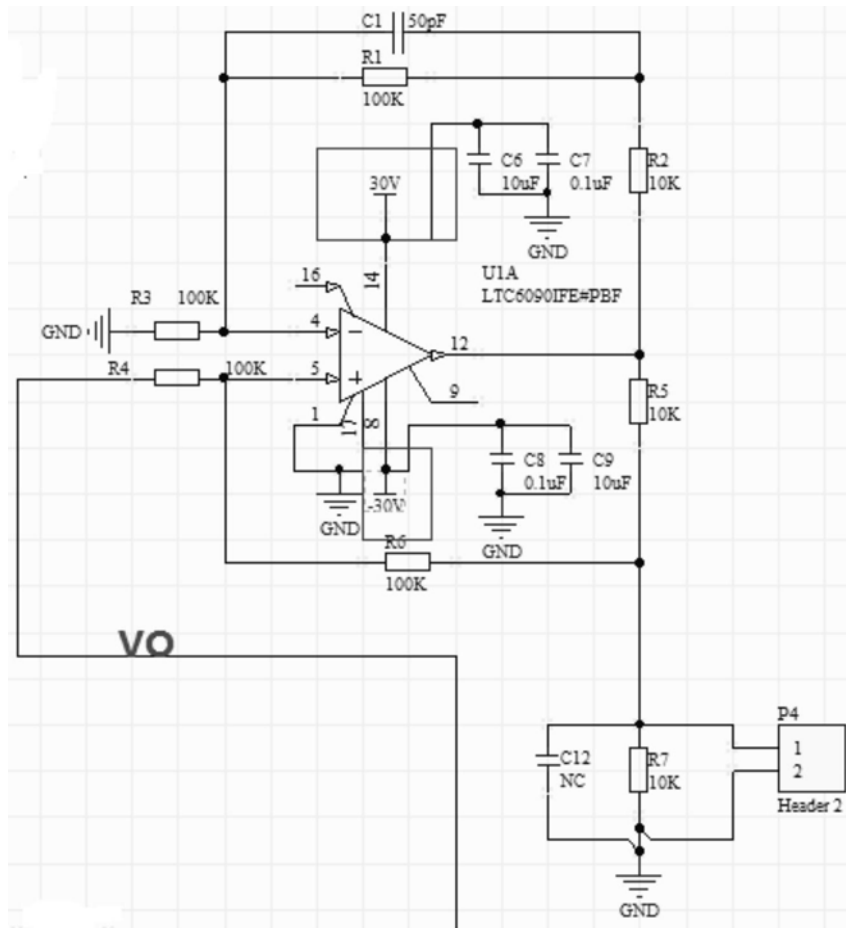


图9

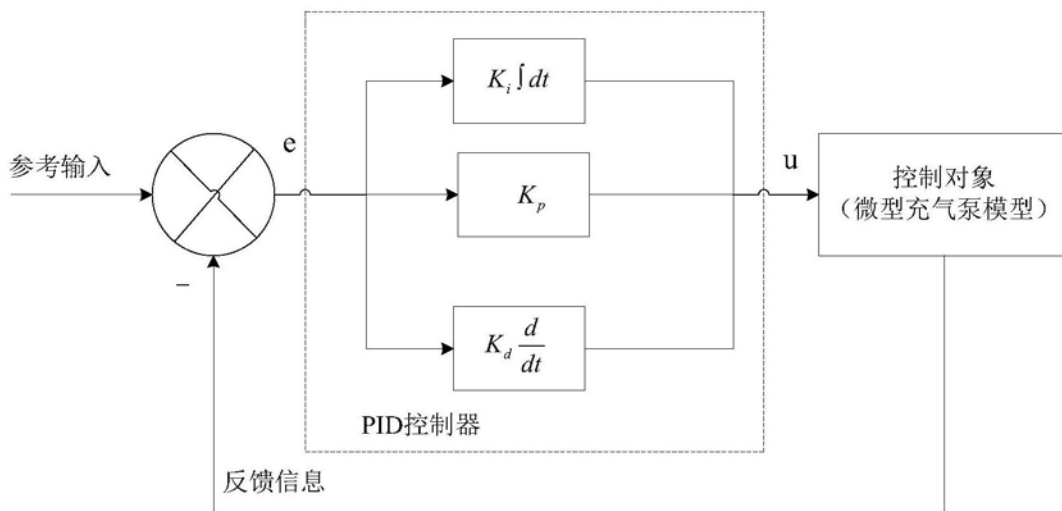


图10

专利名称(译)	一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN111067515A</a>	公开(公告)日	2020-04-28
申请号	CN201911264976.9	申请日	2019-12-11
[标]发明人	王常勇 周瑾 柯昂		
发明人	王常勇 周瑾 柯昂		
IPC分类号	A61B5/0478 A61B5/0476 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0476 A61B5/0478 A61B5/6803 A61B5/6844		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于闭环控制技术的智能气囊头盔系统。该头盔系统包括气囊头盔、生理信号采集调理模块和气压控制模块。气囊头盔包括头盔外壳、可充气气囊、国际10-20系统电极和柔性电路板。生理信号采集调理模块用于EEG信号和阻抗信号采集及传输，气压控制模块采用闭环PID控制算法控制可充气气囊的充气或放气，从而调节电极和头皮的接触力度。本发明采用闭环PID控制技术解决自动寻找电极和头皮之间的最优接触阻抗问题，解决了开环系统EEG信号采集过程中电极和头皮之间阻抗的动态变化引起的EEG信号质量的下降，避免了人工手动调整电极和头皮的接触力度，提高了EEG信号测量精度和自动化程度。

