



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106200446 A

(43) 申请公布日 2016. 12. 07

(21) 申请号 201510233046. 2

(22) 申请日 2015. 05. 07

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114 号

(72) 发明人 曾俊宝 李一平 李硕 孙龙飞

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 许宗富 周秀梅

(51) Int. Cl.

G05B 19/042(2006. 01)

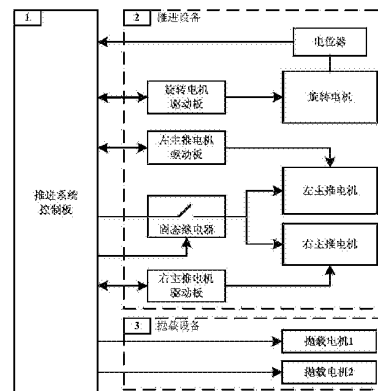
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,包括推进系统控制板以及与其连接的推进设备和抛载设备;所述推进设备包括两个主推电机驱动板以及分别与主推电机驱动板连接的主推电机、旋转电机驱动板以及与其连接的旋转电机;抛载设备包括两个抛载电机;方法包括:推进控制系统板上的单片机将主控计算机发来的电机控制指令通过串口通信电路和 CAN 通信电路分别发至旋转电机和主推电机进行推进控制;通过串口向主控计算机发送反馈信息。本发明所涉及的控制板和驱动板浸泡于油中,其上的晶振及电容等元器件经过耐压处理,能够满足推进控制系统万米耐压要求;本发明使用较少的推进器即可实现机器人多个自由度的运动,方法简单,降低了系统功耗。



1. 一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,其特征在于:包括推进系统控制板以及与其连接的推进设备和抛载设备;

所述推进设备包括两个主推电机驱动板以及与其连接的主推电机、旋转电机驱动板以及与其连接的旋转电机;

抛载设备包括两个抛载电机;

所述推进系统控制板与旋转电机驱动板、设置于旋转电机上的旋转电位计连接,还与两个主推电机驱动板、两个抛载电机连接,并通过串口与主控计算机连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,其特征在于所述推进系统控制板包括单片机以及与其连接的串口通信电路、CAN 通信电路、AD 采样电路和继电器控制电路;

所述串口通信电路与旋转电机驱动板、主控计算机连接;

所述 CAN 通信电路与两个主推电机驱动板连接;

所述 AD 采样电路与旋转电位计、电流传感器和电压传感器连接;

所述继电器控制电路与电压传感器、旋转电机、两个主推电机和两个抛载电机连接。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,其特征在于所述旋转电机设置于水下机器人的中心,其旋转轴两端各连接一个主推电机。

4. 根据权利要求 1 所述的一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,其特征在于所述推进系统控制板、旋转电机驱动板及主推电机驱动板浸泡于油中,各板上的晶振使用环氧封装的晶振,电解电容采用钽电容代替。

5. 一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统的控制方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 推进控制系统板上的单片机通过串口获取数据并提取出开关控制指令和电机控制指令;

2) 单片机将提取出的开关控制指令发送至继电器控制电路,控制主推电机、旋转电机和抛载电机的电源开关,单片机将电机控制指令通过串口通信电路和 CAN 通信电路分别转发至旋转电机和主推电机进行推进控制;单片机通过串口向主控计算机发送反馈信息。

6. 根据权利要求 5 所述的一种万米自主遥控水下机器人推进控制方法,其特征在于所述进行推进控制包括以下步骤:

当水下机器人上浮时,旋转电机旋转 0° 位置,两个主推电机正转实现水下机器人上浮运动;

下潜时,旋转电机旋转 180° 位置,两个主推电机正转实现水下机器人下潜运动;

前进时,旋转电机旋转至 90° 位置,两个主推电机正转可实现前进运动;

后退时,两个主推电机一个正转一个反转,使水下机器人绕垂直方向旋转 180° ,然后两个主推电机正转,即实现向后运动。

一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水下机器人控制领域,具体地说是一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 自主遥控水下机器人既具有 AUV 大面积水下探测和搜索的功能,又可以通过微细光缆像 ROV 一样进行实时操作控制。自主遥控水下机器人的出现可以使潜水器向着潜深更深,航行更远和更具智能化的方向发展。

[0003] 现有的水下机器人推进控制系统不能应用于万米自主遥控水下机器人,主要有两方面原因,一是耐压问题,系统不能承受万米水压的压力;二是现有推进系统要么采用推进器加翼板的方式,要么采用多个推进器控制方式,而万米自主遥控水下机器人自带能源,需要简单可靠又节能的推进控制系统,现有技术不足以满足这些要求。

发明内容

[0004] 为了解决上述存在的问题,本发明的目的在于提供一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,可以应用于万米强压环境下,该系统具有良好的可移植性。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,包括推进系统控制板以及与其连接的推进设备和抛载设备;

[0006] 所述推进设备包括两个主推电机驱动板以及与其连接的主推电机、旋转电机驱动板以及与其连接的旋转电机;

[0007] 抛载设备包括两个抛载电机;

[0008] 所述推进系统控制板与旋转电机驱动板、设置于旋转电机上的旋转电位计连接,还与两个主推电机驱动板、两个抛载电机连接,并通过串口与主控计算机连接。

[0009] 所述推进系统控制板包括单片机以及与其连接的串口通信电路、CAN 通信电路、AD 采样电路和继电器控制电路;

[0010] 所述串口通信电路与旋转电机驱动板、主控计算机连接;

[0011] 所述 CAN 通信电路与两个主推电机驱动板连接;

[0012] 所述 AD 采样电路与旋转电位计、电流传感器和电压传感器连接;

[0013] 所述继电器控制电路与电压传感器、旋转电机、两个主推电机和两个抛载电机连接。

[0014] 所述旋转电机设置于水下机器人的中心,其旋转轴两端各连接一个主推电机。

[0015] 所述推进系统控制板、旋转电机驱动板及主推电机驱动板浸泡于油中,各板上的晶振使用环氧封装的晶振,电解电容采用钽电容。

[0016] 一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统的控制方法,包括以下步骤:

[0017] 1) 推进控制系统板上的单片机通过串口获取数据并提取出开关控制指令和电机控制指令;

[0018] 2) 单片机将提取出的开关控制指令发送至继电器控制电路,控制主推电机、旋转电机和抛载电机的电源开关,单片机将电机控制指令通过串口通信电路和 CAN 通信电路分别转发至旋转电机和主推电机进行推进控制;单片机通过串口向主控计算机发送反馈信息。

[0019] 所述进行推进控制包括以下步骤:

[0020] 当水下机器人上浮时,旋转电机旋转 0° 位置,两个主推电机正转实现水下机器人上浮运动;

[0021] 下潜时,旋转电机旋转 180° 位置,两个主推电机正转实现水下机器人下潜运动;

[0022] 前进时,旋转电机旋转至 90° 位置,两个主推电机正转可实现前进运动;

[0023] 后退时,两个主推电机一个正转一个反转,使水下机器人绕垂直方向旋转 180° ,然后两个主推电机正转,即实现向后运动。

[0024] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0025] 1. 本发明控制板中的晶振和电容等元器件经过耐压处理,能够满足推进控制系统万米耐压要求。

[0026] 2. 本发明采用 1 个旋转电机加 2 个主推电机,使用较少的推进器即可实现机器人多个自由度的运动,方法简单,降低了功耗,可以节省电能。

[0027] 3. 本发明使用 CAN 总线控制两个主推电机,加上电机电源线共 4 根电线,减少了推进系统与电机的连线,使系统更加简单可靠。

[0028] 4. 本发明使用集成有 AD 转换器及 CAN 控制器的单片机芯片 AT90CAN128,减少电路板的空间占用和电量消耗,简化控制程序,有较高性价比。

[0029] 5. 本发明采用模块化的设计思想,只要机器人系统电机驱动器支持 CAN 总线或者支持串口控制,均可使用此推进控制系统。

[0030] 6. 本发明设有电源电压检测、电流检测和主推电机故障检测,增强了控制系统的安全性及可靠性。

附图说明

[0031] 图 1 为本发明的推进控制系统结构图;

[0032] 图 2 为推进控制系统接口线路连接示意图;

[0033] 图 3 为推进控制系统控制电路板组成示意图;

[0034] 图 4 为推进控制系统推进方式示意图;

[0035] 其中,(a) 前进运动时的俯视图;(b) 旋转运动时的俯视图;(c) 后退运动时的俯视图;(d) 上浮运动时的侧视图;(e) 下潜运动时的侧视图;

[0036] 1、旋转电机,2、左主推电机,3、右主推电机,4、载体,5、旋转轴;

[0037] 图 5 为推进控制系统控制电路板的电流、电压传感器电路图;

[0038] (a) 为电流传感器电路图;(b) 为电压传感器电路图;

[0039] 图 6 为推进控制系统控制电路板单片机及 JTAG 电路图;

[0040] (a) 为单片机电路图;(b) 为 JTAG 电路图;

[0041] 图 7 为推进控制系统控制电路板串口通信电路图;

[0042] (a) 为串口通信电路图一;(b) 为串口通信电路图二;

- [0043] 图 8 为推进控制系统控制电路板 CAN 通信电路图；
- [0044] (a) 为 CAN 通信电路图一；(b) 为 CAN 通信电路图二；
- [0045] 图 9 为推进控制系统控制电路板继电器控制电路；
- [0046] (a) 为继电器控制电路图一；(b) 为继电器控制电路图二；(c) 为继电器控制电路图三；
- [0047] 图 10 为本发明的推进系统 4 通道 AD 采样流程图。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0049] 本发明涉及一种万米自主遥控水下机器人推进控制系统,包括:推进系统控制板,推进设备和抛载设备;推进控制系统通过串口接收主控计算机的命令,经过提取得到推进设备、继电器等的控制量;其中推进设备包含电机驱动板、2 个主推电机和 1 个旋转电机,推进控制系统通过 CAN 总线控制两个主推电机并返回电机状态信息,通过带有隔离的串口控制旋转电机;旋转电机设置于水下机器人中心,其旋转轴两端分别接主推电机,旋转电机可实现 180° 旋转,主推电机可正转或反转;旋转电机实际角度通过旋转电位计 AD 转换后反馈给主控计算机;本发明设有两个抛载电机,在使命完成或者发生故障时保障水下机器人载体安全上浮;推进控制系统板通过继电器组控制旋转电机、主推电机及抛载电机的上电状态;同时推进控制系统板设有外围 I/O 驱动板状态检测,可以读取外部设备及传感器的上电状态;

[0050] 推进系统控制板:与推进设备的旋转电机驱动板和主推电机驱动板连接,通过固态继电器和两个主推电机连接,控制推进电机电源;与抛载设备的两个抛载电机连接;通过串口和主控计算机通信,接收主控计算机发出的主推电机和旋转电机控制命令,并将推进系统控制板采集的反馈信号发送给主控计算机;

[0051] 推进设备:包括旋转电机驱动板、1 个旋转电机、主推电机驱动器和 2 个主推电机;

[0052] 抛载设备:包括 2 个抛载电机,用于使命完成或发生故障时水下机器人载体上浮。

[0053] 所述旋转电机设置于水下机器人中心,其旋转轴两端各连接一个主推电机。旋转电机可实现 180° 旋转,通过旋转电机带动两个主推电机旋转,主推电机可正转和反转,最终实现机器人前进、旋转、后退、下潜和上浮运动。

[0054] 所述推进系统控制板包括:

[0055] 带有 CAN 接口的单片机:分别与串口通信电路、CAN 通信电路、AD 采样电路、继电器控制电路和 I/O 驱动板相连接;通过串口接收主控计算机的控制命令并将采集的电源总电压、电源总电流及旋转电位计电压反馈至主控计算机,通过 CAN 总线接收两个主推电机反馈的电机状态信息;

[0056] AD 采样电路:用来获取电源总电压和总电流,以及旋转电机旋转角度。

[0057] 继电器控制电路:用来控制旋转电机、主推电机以及电压传感器电源。

[0058] 串口通信电路:共包含两路串口,分别为 UART0 和 UART1;UART0 用来和主控计算机通信,UART1 用来和旋转电机驱动器通信。

[0059] CAN 通信电路 :实现单片机和主推电机通信,单片机通过 CAN 总线给 2 个主推电机发送控制命令,2 个电机的状态信息通过 CAN 总线反馈至单片机,实现主推电机故障检测。

[0060] I/O 驱动板 :用来检测外接的电子罗盘传感器等的工作状态。

[0061] 本系统通过串口和主控计算机通信,接收发送而来的控制信息,由于控制方法在主控计算机上完成,所以推进控制系统的数据传输量与计算量不大。单片机接收到数据后对数据进行提取,得到两个主推电机、旋转电机的控制量及继电器组控制量,通过 CAN 总线把控制量传输至主推电机驱动板,通过带隔离的串口把控制量传输至旋转电机驱动板,通过单片机 I/O 口控制继电器。同时通过单片机内部 ADC 采集电源电压、电流及旋转电位计电压值,最后通过串口传输至主控计算机。

[0062] 如图 1 所示,本发明由三个部分组成 :推进系统控制板,推进设备和抛载设备,推进系统控制板、旋转电机控制板和主推电机控制板都浸泡于油中,其上的晶振使用经过万米耐压测试的环氧封装晶振,其上的电解电容使用经过万米耐压测试的钽电容,其中万米耐压测试指在压力罐中打压超过 120Mpa。推进电机和主推电机驱动板是防水无刷电机与配套驱动器,旋转电机使用的是 MAX 电机。本系统的关键部分是推进系统控制板,结合图 2 接口连接示意图,对推进系统控制板的部分接口进行说明 :J1 中,IN0-IN7 连接外部 I/O 驱动板,用于检测外接传感器及设备供电状态 ;J2 中 RXD0、TXD0、GND 和外部主控计算机的串口相连 ;J3 中 +24V/BAT 与 GND/BAT 连接外部电池组 ;J4 中 +24V/AP 和 GND/AP 是从推进控制系统板输出到电源转换板的电源,经电源转换板转换得到 +5V 和 GND/C 再输入到推进控制系统板 ;J5 连接旋转电机旋转轴上的旋转电位计 ;J6 中的 TXD1 和 RXD1 和旋转电机驱动板串口连接,GND/ISO 是独立的电源信号地,+24V/XZ 和 GND/BAT 是旋转电机电源 ;旋转电机驱动板、旋转电机驱动器及主推电机驱动板的处理器晶振及大电容使用经过万米耐压测试的硅晶振及钽电容代替,可以应用在万米强压环境下。J7 中的 CANH、CANL 表示 CAN 通信的两路信号,+24/T 是主推电机电源 ;J8 中的 +24/T 和 GND/BAT 连接主推电机控制继电器 ;J9 中的 +24V/ 抛载 1 和 +24V/ 抛载 2 分别连接抛载电机 1 和抛载电机 2。

[0063] 如图 3 所示,推进系统控制板包括带有 CAN 接口的单片机 AT90CAN128、串口通信电路、CAN 通信电路、AD 采样电路及继电器控制电路。单片机通过串口 0 接收主控计算机的控制命令并将推进系统控制板采集的信息反馈至主控计算机,单片机通过串口 1 把提取出的旋转电机控制命令发送至旋转电机驱动板 ;通过 CAN 总线单片机把提取出的 2 个主推电机的控制命令发送至主推电机驱动板 ;通过单片机 IO 端口把提取出的继电器控制命令发送至继电器控制电路 ;

[0064] 推进系统的推进方式如图 4 所示,旋转电机设置于水下机器人中心,旋转电机可以实现 180° 旋转,其旋转轴两端各接一个主推电机,主推电机可正转或反转。(d) 为旋转电机 0° 位置,此时主推电机转动轴相对于海平面是垂直方向,且螺旋桨朝下,(e) 为旋转电机 180° 位置,此时主推电机转动轴相对于海平面仍是垂直方向,但螺旋桨朝上。当旋转电机位于 0° 位置时,两个主推电机正转 可实现水下机器人上浮运动,如 (d) ;当旋转电机位于 180° 位置时,两个主推电机正转可实现水下机器人下潜运动,如 (e) ;当旋转电机旋转至 90°,两个主推电机正转可实现前进运动,如 (a) ;若要实现向后运动,可使主推电机一个正转一个反转,如 (b),让水下机器人绕垂直方向旋转 180°,之后使两个主推电机正转,即可实现向后运动,如 (c)。主推电机可正转或反转,如 (d) 中上浮运动示意图中,若主

推电机反转也可实现水下机器人下潜运动,但这样效率比较低,此方式可适用于短时航行,若要水下机器人长时间朝着某个方向航行,要使用主推电机正转的方式。

[0065] 如图 5 所示,本系统使用电压传感器来检测电源系统总电压值,本系统使用 LEM HXS20 电流传感器来检测电源系统总电流值,如 (a),输入端连接总电源回路,输出端通过输出值和参考值求解出该回路的电流大小,本设计中总电压计算方法为 $U = 9.6 \times \text{ADC1}$,其中 ADC1 指单片机 AD 通道 1 采集的电压值;本系统使用 LV-25P 电压传感器来检测电源系统总电压值,如 (b),其中电源转换模块 TSM 0512D 为电压传感器提供 $\pm 12\text{V}$ 参考电压,再通过线圈感应的比例关系求出电源电压,本设计中总电流的计算方法为 $I = 16 \times |\text{ADC2} - \text{ADC3}|$,其中 ADC2 和 ADC3 分别指单片机 AD 通道 2 和通道 3 采集的电压值;

[0066] 单片机的控制引脚定义见图 6 中 (a),其中单片机外接晶振采用经过万米耐压测试的环氧封装晶振,图 6 中 (b) 为 JTAG 仿真器插口,能够通过仿真器与电脑相连,进行单片机的程序烧写。

[0067] 单片机通过串口 0 与主控计算机通信,使用 MAX202E 进行电平转换,如图 7 中 (a) 所示;单片机通过串口 1 与和旋转电机驱动板通信,旋转电机使用 24V 供电,为了保证单片机安全,需要进行信号隔离,本设计采用 ADM3251E 进行隔离,ADM3251E 集成了双通道数字隔离器以及 isoPower 集成隔离电源,保证了单片机的安全,此部分电路如图 7 中 (b)。

[0068] 单片机和 2 个主推电机之间采用 CAN 总线通信,本发明使用的是 Atmel 公司集成 CAN 控制器的 AT90CAN128 单片机,可以很容易的通过寄存器操作编写 CAN 通信程序,如图 8 中 (b) 所示,采用数字隔离器 ADuM1201 和高速 CAN 总线收发器 TJA1050,数字隔离器两端采用相互隔离的电源,保证单片机输出的信号和接到 CAN 总线收发器上的信号内容相同但是相互隔离,增加了系统的抗干扰性,经过 CAN 收发器输出的 CAN 信号直接与主推电机的 CAN 总线相连。数字隔离器 ADuM1201 输出端需要隔离电源,采用 TSM 0505S 模块实现,如图 8 中 (a) 所示,其中电容 C3 使用经过万米耐压测试的钽电容。

[0069] 如图 9 所示,本发明的推进控制系统采用继电器组对旋转电机、主推电机、抛载电机以及电压传感器电源进行控制,单片机输出端连接 ULN2803,增大负载电流,以驱动继电器,继电器输出端一端接 24V 电源,另一端分别接抛载电机 1、抛载电机 2、旋转电机及主推电机的电源输入端,如 (a) 所示;为了防止继电器在上电瞬间状态来回切换,单片机控制端口接下拉电阻,如 (b) 所示,保证在上电时刻,程序未写入之前,继电器都处于断开状态;同时由于电压传感器自身耗电,为了节省电能,只有在控制系统板单片机上电时才给电压传感器供电,本发明使用一个继电器处理此问题,电路如 (c) 所示。

[0070] 单片机的整体控制程序主要包括以下步骤:

[0071] 1) 推进控制系统板上的单片机从串口 0 中断获取数据并提取出旋转电机旋转角度、主推电机转速和方向、继电器开关状态等控制量;

[0072] 2) 推进控制系统板上的单片机检测 I/O 驱动板状态,获取外接设备及传感器的上电状态信息;

[0073] 3) 推进控制系统板上的单片机用定时器 0 产生一个中断,按设定周期处理信息,主要内容有:

[0074] ①通过串口 0 给主控计算机发送反馈信息,包括电源总电压、电源总电流、旋转电位计电压及获取到的 I/O 驱动板状态。

- [0075] ②通过串口 1 给旋转电机发送旋转角度控制命令；
- [0076] ③通过 CAN 总线给左主推电机发送控制命令；
- [0077] ④通过 CAN 总线给右主推电机发送控制命令；
- [0078] ⑤通过单片机 I/O 端口给继电器发送控制命令；
- [0079] ⑥进行 ADC 初始化命令,开始新一轮采样。
- [0080] 4) 推进控制系统板上的单片机通过 CAN 中断接收主推电机状态信息,信息包括电机实际转速、驱动器故障、霍尔传感器故障及 CAN 通信故障；
- [0081] 5) 推进控制系统板上的单片机通过 AD 采样中断,一次采集 4 路模拟量,包括电压传感器电压、电流传感器差分电压及旋转电位计电压。
- [0082] 图 10 是 4 通道 AD 采样流程图,说明如下：
- [0083] 首先对单片机内的 ADC 寄存器初始化,分别包括设置基准源、ADC 通道、中断使能、启动转换等,并设置一个变量 mux 指示 ADC 通道,设置一个长度为 8 的 char 型数组 ad_buff,用来保存 4 个通道 ADC 采样值；
- [0084] 以下是 ADC 转换结束中断的操作：
- [0085] ①一次 ADC 转换结束后进入中断,保存 ADC 采样值,ad_buff[mux*2+1] 存放 ADCL, ad_buff[mux*2] 存放 ADCH；
- [0086] ② mux 加 1,即进入下一个 ADC 通道,判断 mux 是否大于 3,如果大于三说明四次 ADC 采样已经结束,则重置 ADC 通道为 0,等待 ADC 初始化,以开始下一个转换周期；若 mux 不大于 3,则 ADC 通道加 1,通道控制寄存器 ADMUX = mux,即设置下一个通道,开启转换,并等待转换结束中断,中断后进入①。
- [0087] 在本系统中,主控计算机和推进系统之间的数据交换有：主控计算机向推进系统发送主推电机、旋转电机以及抛载电机的开关状态,发送旋转电机角度及方向,发送主推电机转速及方向；推进系统向主控计算机报告主推进电机状态、旋转电机角度、电源状态及 I/O 驱动板状态等信息。
- [0088] 本发明的工作原理为：通过串口进行系统间的数据传输,提取数据作为控制量,再通过串口和 CAN 总线控制控制旋转电机和主推电机,通过单片机 I/O 口控制继电器,进而实现主推电机、旋转电机及抛载电机的电源开关控制；同时监测系统的状态,使得水下推进系统可以正常工作运转。

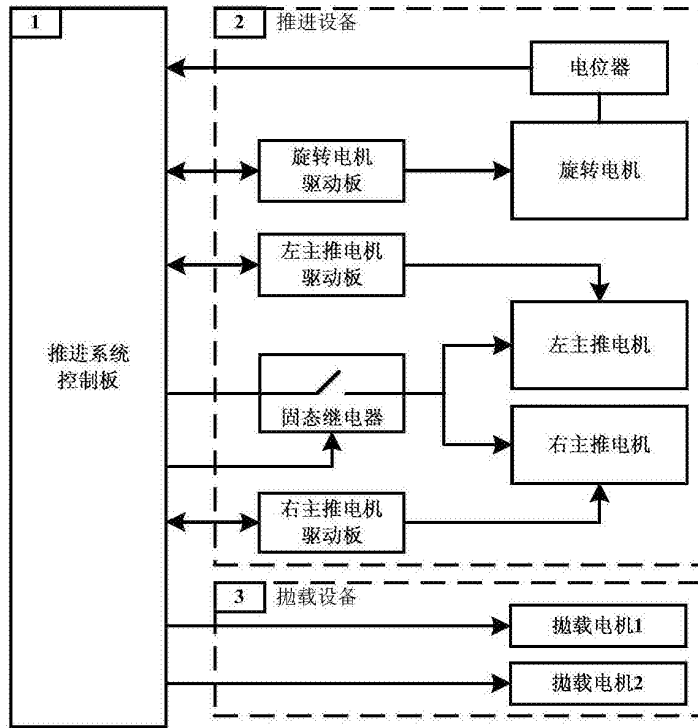


图 1

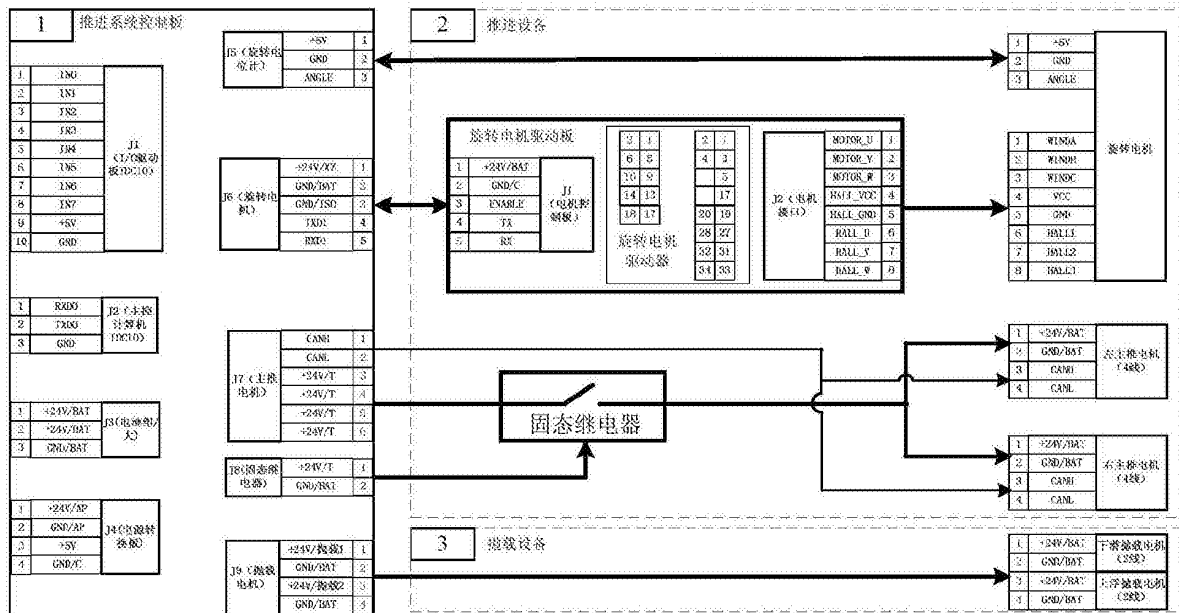


图 2

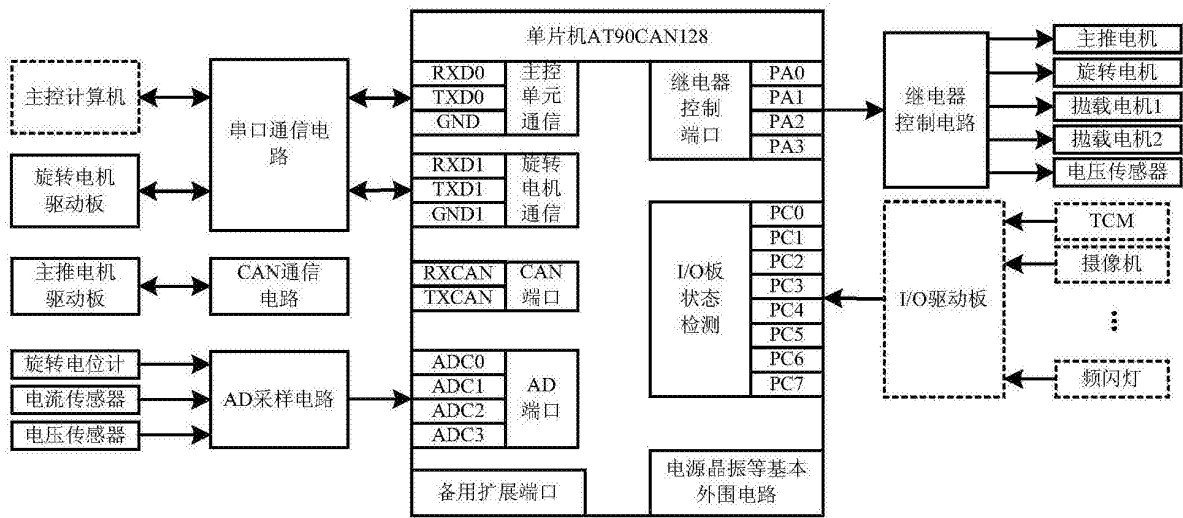


图 3

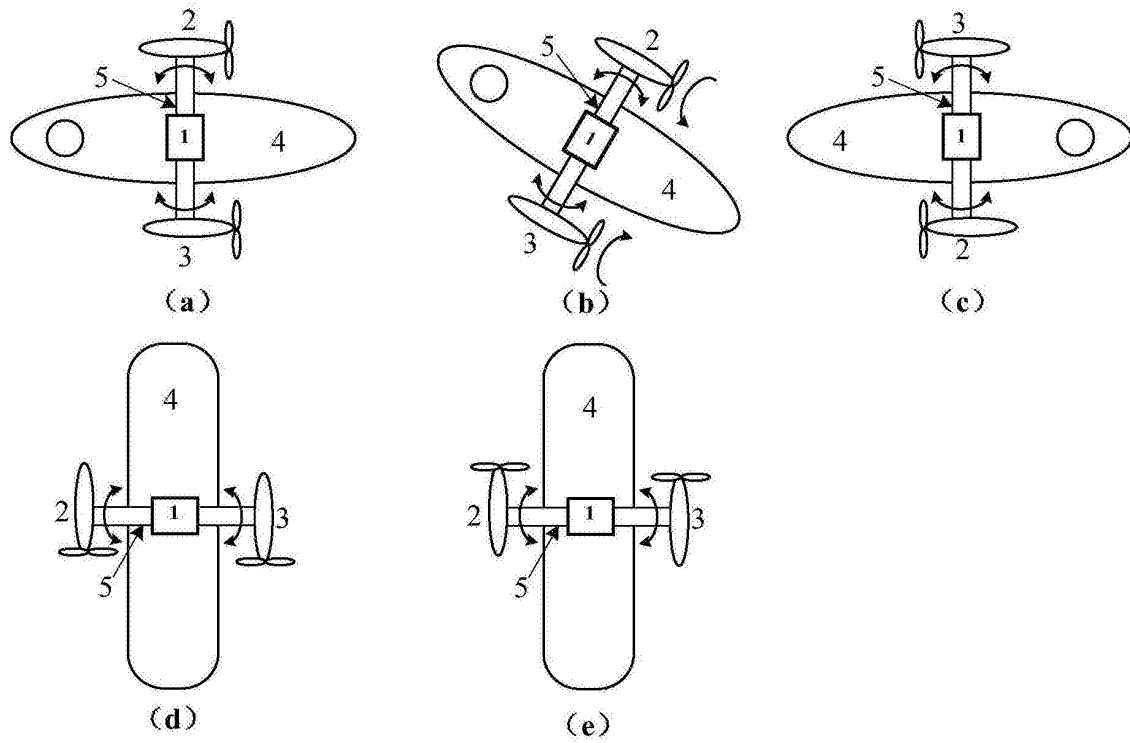
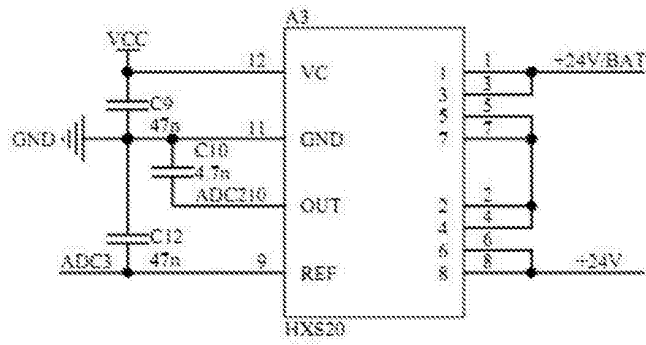
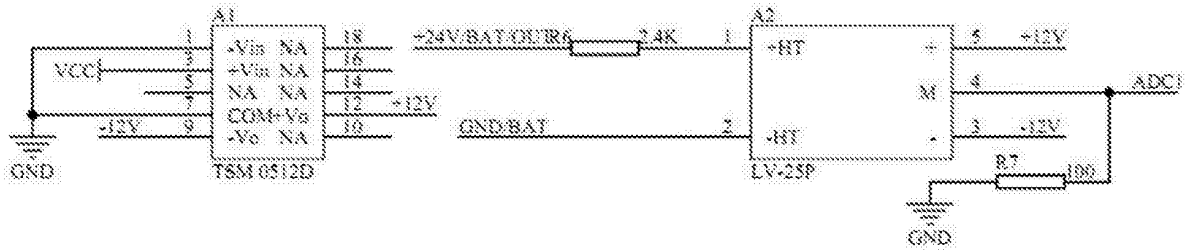


图 4

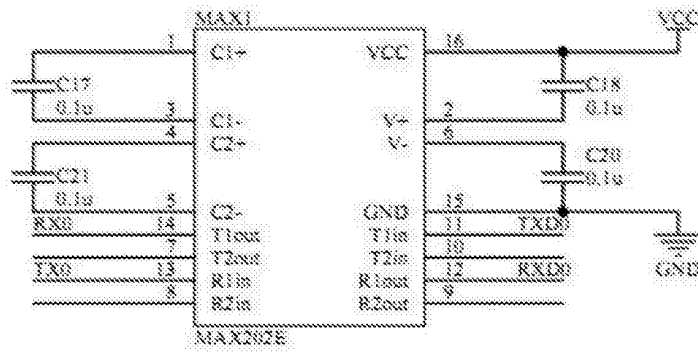


(a)

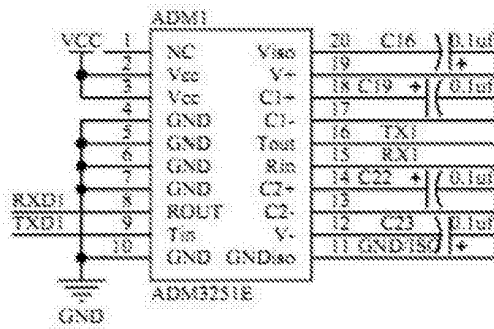


(b)

图 5



(a)



(b)

图 7

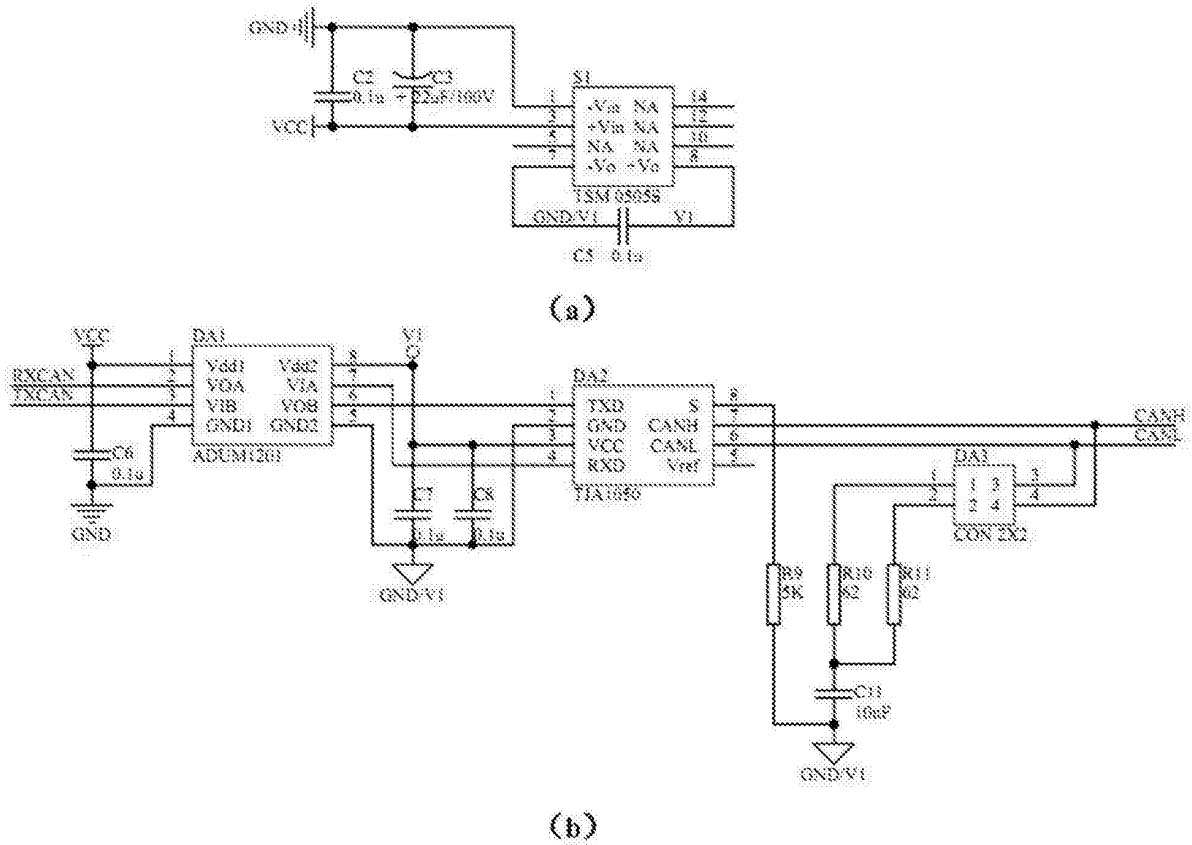


图 8

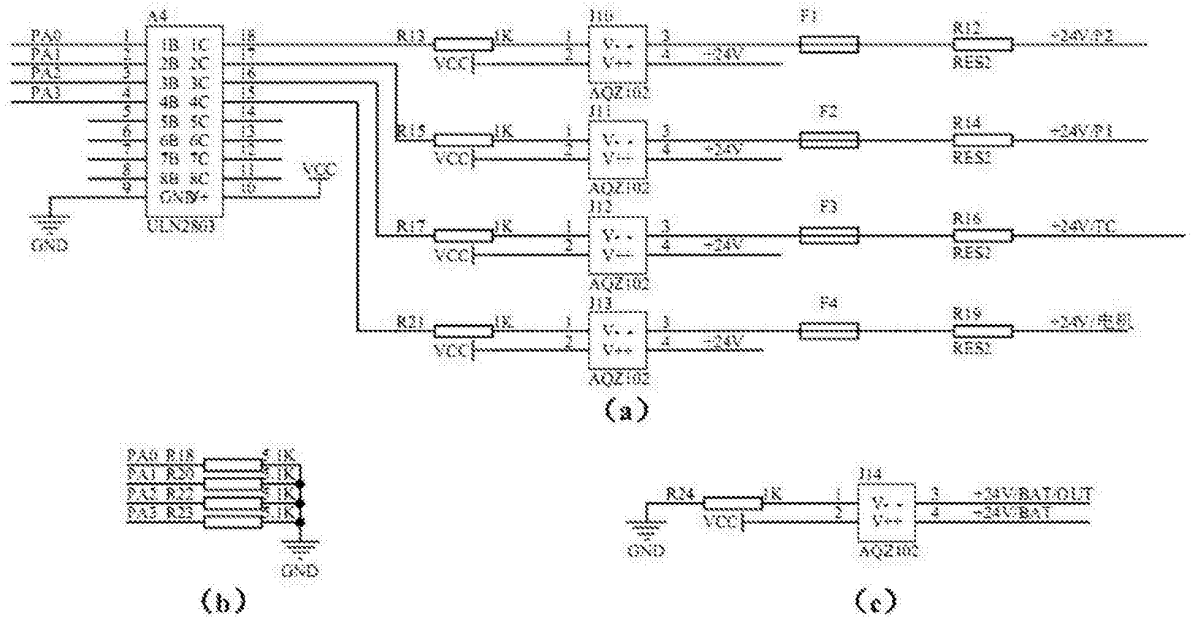


图 9

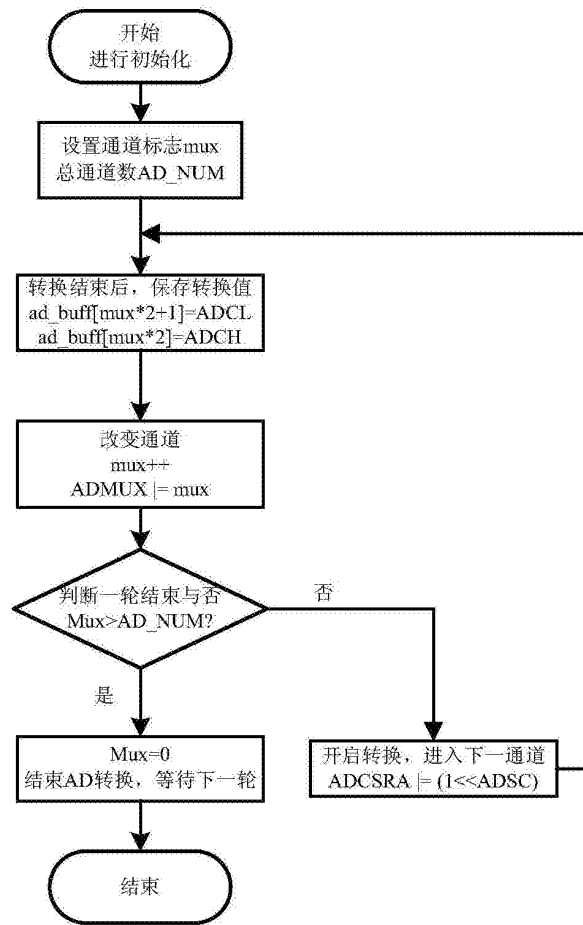


图 10