(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102591342 B
(45)授权公告日 2013.10.30

(21)申请号 201210025146.2

(22)申请日 2012.02.06

(73)专利权人 浙江大学
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号

(72)发明人 赵亮 朱培培 江兴旺

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200
代理人 杜军

(51)Int.Cl.
G05D 1/02(2006.01)
A01D 75/00(2006.01)

(56)对比文件
JP 特开 2005-309700 A,2005.11.04,
CN 101828464 A,2010.09.15,
CN 101100058 A,2008.01.09,
US 6236924 B1,2001.05.22,
赵金星.《割草机器人总体设计与关键技术研究》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库(电子期刊)》.2008,(第1期),

审查员 李庆萍

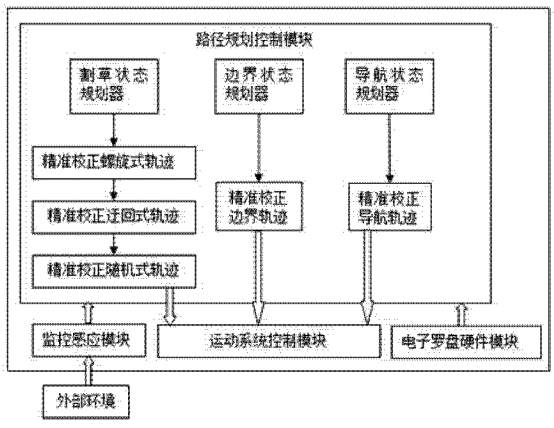
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法。包括路径规划控制模块,电子罗盘硬件模块,监控感应模块和运动系统控制模块。电子罗盘硬件模块和监控感应模块为路径规划控制模块提供割草机器人当前的方位信息和环境状况。路径规划控制模块实现割草状态、边界状态、导航状态下路径的精准校正及轨迹的优化,并由运动系统控制模块来控制割草机器人执行相应的动作命令。本发明能实现多种工作方式的转换,精准控制割草机器人在各个状态下的轨迹,解决了以往割草机器人工作时运动路径失控的问题,用于草坪的自动修剪,能适应复杂地形的作业,并充分覆盖整个区域,减少了电能消耗和提高了割草机器人的工作效率。



CN 102591342 B

1. 基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法，其特征在于它由路径规划控制模块，电子罗盘硬件模块，监控感应模块和运动系统控制模块组成；该方法的步骤如下：

1）电子罗盘硬件模块记录割草机器人当前和历史的方位信息，并转换为方位信号传送给割草机器人的路径规划控制模块；

2）监控感应模块根据外部环境来判断割草机器人当前的环境状况，并转换为运动状态信号传送给割草机器人的路径规划控制模块；

3）路径规划控制模块分析处理接收到的方位信号和运动状态信号，优化得到相应的运动状态及路径；最后将得到的数字信号发送给割草机器人的运动系统控制模块；

4）运动系统控制模块根据接收到的数字信号来控制割草机器人按相应的命令运动到下一位置；

所述步骤1）中的电子罗盘硬件模块包含放大器、滤波器及A/D转换器；通过电子罗盘测量割草机器人所处位置在磁场中X、Y轴方向上的分量，同时测得Z轴的分量，并对这三个数值进行放大滤波和A/D转换，再通过I²C通讯将信号传给割草机器人的路径规划控制模块；同时结合电子罗盘测量得到的俯仰角和翻滚角对X、Y轴的磁场强度作补偿校正，传送给割草机器人的路径规划控制模块，分析计算得到割草机器人的地理航向角和姿态角；它能确定割草机器人当前和历史的方位，进而控制割草机器人下一步的运动方位，来实现轨迹的优化；

所述步骤3)中的路径规划控制模块，是根据电子罗盘硬件模块和监控感应模块提供的方位信息和环境状况来实现路径规划；监控感应模块根据外部环境判断割草机器人是否处于割草状态；

若处于割草状态，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走；在此过程中判断是否发现障碍，若未发现障碍，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走；若发现障碍，则后退，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人相对于原来方向顺时针转过一定角度后再判断障碍能否被发现；如此反复，直至完全覆盖草地；实现了在割草状态下精准校正螺旋式轨迹，精准校正迂回式轨迹，精准校正随机式轨迹；

若得到的是回基站状态，则判断有无发现边界；若未发现边界，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走；若发现边界，则后退，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人相对于原来方向顺时针转过一定角度，再判断能否发现边界；如此反复来控制割草机器人沿着边界行走，直至找到导航标志；实现了在边界状态下精准校正边界转弯角度和优化边界轨迹速度；发现导航标志后，根据监控感应模块来判断标志相对于割草机器人是在其左侧还是右侧；若是左侧，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人右转一个角度，再判断左右侧；若是右侧，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人左转一个角度，再判断左右侧；如此反复，直至走过导航区，到达充电处充电；实现了在导航状态下精准校正导航转弯角度；

所述步骤2)中的监控感应模块判断割草机器人当前的环境状况，根据环境状况得到运动状态信号，确定割草机器人下一步的运动状态，总共有三个运动状态：割草状态，边界状态，导航状态；

所述步骤4)中的运动系统控制模块来控制割草机器人按相应的命令运动到下一位置。

基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制割草机器人路径的方法，尤其是一种基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法，可精确控制和优化割草机器人工作时的路径。

背景技术

[0002] 随着经济的发展，生活水平的提高，人们的环境意识越来越强，绿色草坪在大小城市中已随处可见，但割草作业的任务量大且带有很强的重复性，因此对智能割草机器人的研究是社会发展的需要。智能割草机器人是一个相当复杂的系统，它集多种功能和多种技术于一体，因此对智能割草机器人的研究涉及很多方面，相比于以往割草机器人运动路径失控，重复性大的问题，本发明研究基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法，可精确控制和优化割草机器人的工作路径，以求得复杂环境下割草机器人平滑、稳定、精确的工作，解决了以上问题。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法，该方法利用电子罗盘硬件模块对割草机器人所处位置的方位进行检测，分析得到割草机器人此刻在磁场中 X、Y、Z 轴上的分量，从而根据输出的航向角来精确校正割草机器人的运动路径。减少了电能消耗和提高了割草效率，精确控制运动路径并优化轨迹。

[0004] 本发明采用的技术方案是 ：

[0005] 基于电子罗盘的割草机器人局部路径规划方法，割草机器人与电子罗盘硬件模块是通过 I ^{2}C 协议来实现通讯。电子罗盘硬件模块检测割草机器人所处位置的方位并将方位信号传递给路径规划控制模块。同时，根据外部环境状况，监控感应模块判断割草机器人的运动状态 :割草状态、边界状态、导航状态，并将状态信号传递给路径规划控制模块。路径规划控制模块对接收到的方位信号和状态信号进行分析处理，判断割草机器人下一步的精确位置及运动状态。

[0006] 本发明采用的技术方案的步骤如下 ：

[0007] 1）电子罗盘硬件模块记录割草机器人当前和历史的方位信息，并转换为方位信号传送给路径规划控制模块 ；

[0008] 2）监控感应模块根据外部环境来判断割草机器人当前的环境状况，并转换为状态信号传送给路径规划控制模块 ；

[0009] 3）路径规划控制模块分析处理接收到的方位信号和状态信号，优化得到相应的运动状态及路径。最后将得到的数字信号发送给割草机器人的运动系统控制模块 ；

[0010] 4）运动系统控制模块根据接收到的数字信号来控制割草机器人按相应的命令运动到下一位置。

[0011] 所述步骤 1)中的电子罗盘硬件模块包含放大器、滤波器及 A/D 转换器。通过电子罗盘测量割草机器人所处位置在磁场中 X、Y 轴方向上的分量，同时测得 Z 轴的分量，并对这

三个数值进行放大滤波和 A/D 转换，再通过 I^2C 通讯传给割草机器人的路径规划控制模块；同时结合电子罗盘测量得到的俯仰角和翻滚角对 X、Y 轴的磁场强度作补偿校正，传送给割草机器人的路径规划控制模块，分析计算得到割草机器人的地理航向角和姿态角。它能确定割草机器人当前和历史的方位，进而控制割草机器人下一步的运动方位，来实现轨迹的优化。

[0012] 所述步骤 2)中的监控感应模块判断割草机器人当前的环境状况，根据环境状况得到状态信号，确定割草机器人下一步的运动状态，总共有三个状态：割草状态，边界状态，导航状态。

[0013] 所述步骤 3)中的路径规划控制模块，根据接收的方位信号和状态信号来判断割草机器人的精确运动位置。其运动控制特征如下：

[0014] 1）割草状态

[0015] 在割草状态输入的条件下，割草机器人沿某一方向行走，遇到障碍（包括导航标志、边界、墙、阶梯等）后退，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人相对于原来方向顺时针转动某一设定的角度，并判断障碍是否还在监控感应模块设定的感应范围内。若是，重复后退转弯的步骤；若不是，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿转后的方向继续行走并判断。如此循环此过程，直到整个区域被覆盖。

[0016] 2）边界状态

[0017] 本发明中边界状态有两种形式，一种是割草时遇到的边界，此时在割草机器人中作为障碍处理，在割草状态中已说明。另一种则是在回基站的过程中遇到的边界，具有不同的处理方式。在回基站过程中，由于导航标志设置在边界处，故识别到边界时，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿着边界行走，寻找导航标志。具体为：当遇到边界时，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人顺时针转一个固定角度，判断边界是否还在监控感应范围内，若是，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人再转一个设定的角度；若不是，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人直线前进一段距离，在此过程中监控感应模块仍在不断的判断中。如此反复，直到发现标志。

[0018] 3）导航状态

[0019] 本发明中当割草机器人在割草过程中电量达到某一设定值时，割草机器人就要回基站充电。其基本的方式是不管割草机器人在草地的哪个位置，割草机器人得到这一信号后先停止割草，然后利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人向前直线行走直到发现边界，再以边界状态的方式进行处理。找到导航标志后，判断标志是否在割草机器人的右侧，若是，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人左转一个角度，并移动一段距离，再判断；若不是，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人右转一个角度，并移动一段距离，再判断。如此反复，直到顺着标志走到充电处。

[0020] 所述步骤 4)中的运动系统控制模块，控制割草机器人按相应的执行命令运动到下一位置。

[0021] 本发明具有的有益效果是：

[0022] 带有电子罗盘的割草机器人与传统割草机器人相比，能精确控制割草路径，在割草模式，边界模式，导航模式中实现有规律的路径变化，避免了传统割草方式的无规律性，

盲目性和出现的路径失控问题，减少了电能消耗和提高了割草效率，充分覆盖整个区域。

附图说明

[0023] 图 1 是系统体系结构图。

[0024] 图 2 是三个状态流程图。

[0025] 图 3 是基于电子罗盘的系统框图。

[0026] 图 4 是三轴磁阻传感器引脚及外围电路图。

[0027] 图 5 是 I²C 通讯电路图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和具体实例对本发明做进一步详述：

[0029] 图 1 所示，是系统体系结构图。由路径规划控制模块，电子罗盘硬件模块，监控感应模块和运动系统控制模块组成。

[0030] 所述的电子罗盘硬件模块记录割草机器人当前和历史的方位信息，并转换为方位信号传送给路径规划控制模块。

[0031] 所述的监控感应模块根据外部环境来判断割草机器人当前的环境状况，并转换为状态信号传送给路径规划控制模块。

[0032] 所述的路径规划控制模块分析处理接收到的状态信号和方位信号，优化得到相应的运动状态及路径。得到的运动状态若是割草状态，则以割草状态下的路径控制割草机器人的运动，实现了在割草状态下精准校正螺旋式轨迹，精准校正迂回式轨迹，精准校正随机式轨迹；得到的运动状态若是边界状态，则以边界状态下的路径控制割草机器人的运动，实现了在边界状态下精准校正边界转弯角度和优化边界轨迹速度；得到的运动状态若是导航状态，则以导航状态下的路径控制割草机器人的运动，实现了在导航状态下精准校正导航转弯角度。

[0033] 所述的运动系统控制模块控制割草机器人按相应的命令运动到下一位置。

[0034] 图 2 所示，是三个状态流程图。由监控感应模块根据外部环境判断割草机器人是否处于割草状态。

[0035] 若处于割草状态，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走。在此过程中判断是否发现障碍（包括边界，标志，墙或者楼梯等），若未发现障碍，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走；若发现障碍，则后退，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人相对于原来方向顺时针转过一定角度后再判断障碍能否被发现。如此反复，直至完全覆盖草地。实现了在割草状态下精准校正螺旋式轨迹，精准校正迂回式轨迹，精准校正随机式轨迹。

[0036] 若得到的是回基站状态，则判断有无发现边界。若未发现边界，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人沿原来方向继续行走；若发现边界，则后退，利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人相对于原来方向顺时针转过一定角度，再判断能否发现边界。如此反复来控制割草机器人沿着边界行走，直至找到导航标志。实现了在边界状态下精准校正边界转弯角度和优化边界轨迹速度。发现导航标志后，根据监控感应模块来判断标志相对于割草机器人是在其左侧还是右侧。若是左侧，则利用电子罗盘硬件模

块的方位信号来控制割草机器人右转一个角度，再判断左右侧；若是右侧，则利用电子罗盘硬件模块的方位信号来控制割草机器人左转一个角度，再判断左右侧。如此反复，直至走过导航区，到达充电处充电。实现了在导航状态下精准校正导航转弯角度。

[0037] 图 3 所示，是基于电子罗盘的系统框图。其功能的实现主要包括以下三个部分：信息获取、信号调理及输出。以类似于霍尼韦尔公司的三轴磁阻传感器，型号为 HMC5883LBY 为例。测得割草机器人所处方位 X、Y 轴的分量；以重力加速度传感器，型号为 ADXL345 为例，测得 Z 轴的分量。三个数据放大滤波后经过 A/D 转换，变为数字信号。将此数据通过 I^2C 通讯协议传递给割草机器人的路径规划控制模块。同时结合重力加速度传感器测量得到的俯仰角和翻滚角对 X、Y 轴的磁场强度作补偿校正，传送给割草机器人的路径规划控制模块，分析计算得到割草机器人的地理航向角和姿态角，来控制割草机器人的转弯角度，实现轨迹的优化。

[0038] 图 4 所示，是三轴磁阻传感器引脚及外围电路图。本发明中三轴磁阻传感器是以类似于霍尼韦尔公司，型号为 HMC5883LBY 的传感器芯片为例。其中 3,5,6,7,14 脚不连接，4 脚与 13 脚连接供应电源，1 脚是串行时钟 -I^2C 总线主 / 从时钟，16 脚是串行时钟 -I^2C 总线主 / 从数据，8 脚和 12 脚是置位 / 复位连接，11 脚接地，10 脚是存储电容器连接，15 脚是数据准备，中断引脚。

[0039] 图 5 所示，是 I^2C 通讯电路图。以型号为 AT24C02A 的芯片为例。其中 1,2,3,7 脚均接地，8 脚接电源电压。6 脚是串行时钟，与 HMC5883LBY 芯片的 1 脚连接。5 脚是串行数据，与 HMC5883LBY 芯片的 16 脚连接。

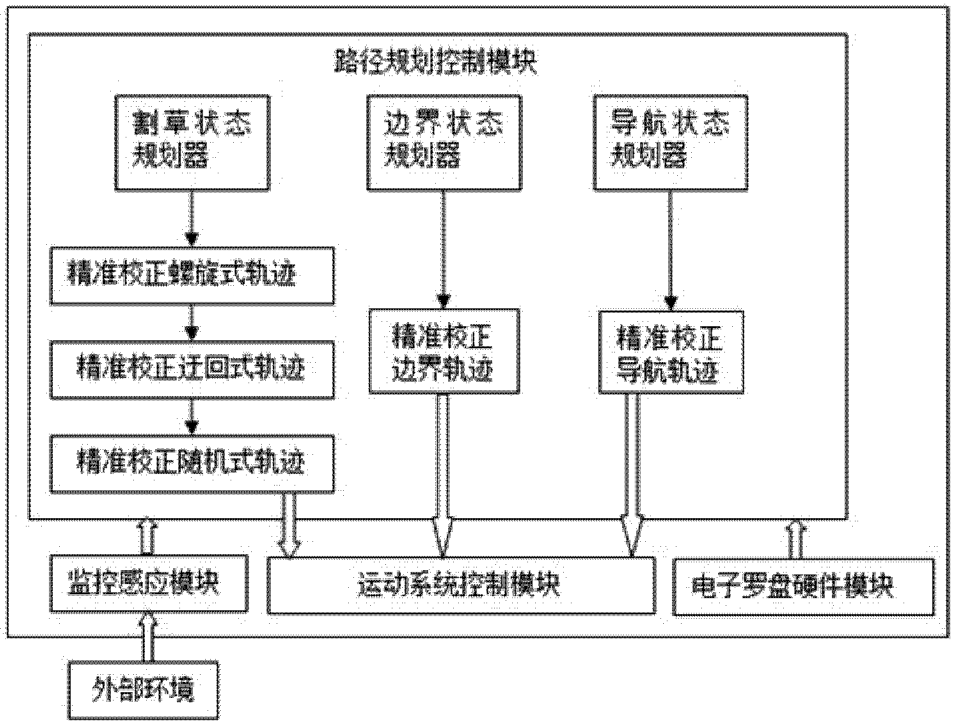

路径规划控制模块
割草状态规划器
边界状态规划器
导航状态规划器
精准校正螺旋式轨迹
精准校正迂回式轨迹
精准校正随机式轨迹
精准校正边界轨迹
精准校正导航轨迹
监控感应模块
运动系统控制模块
电子罗盘硬件模块
外部环境

图 1

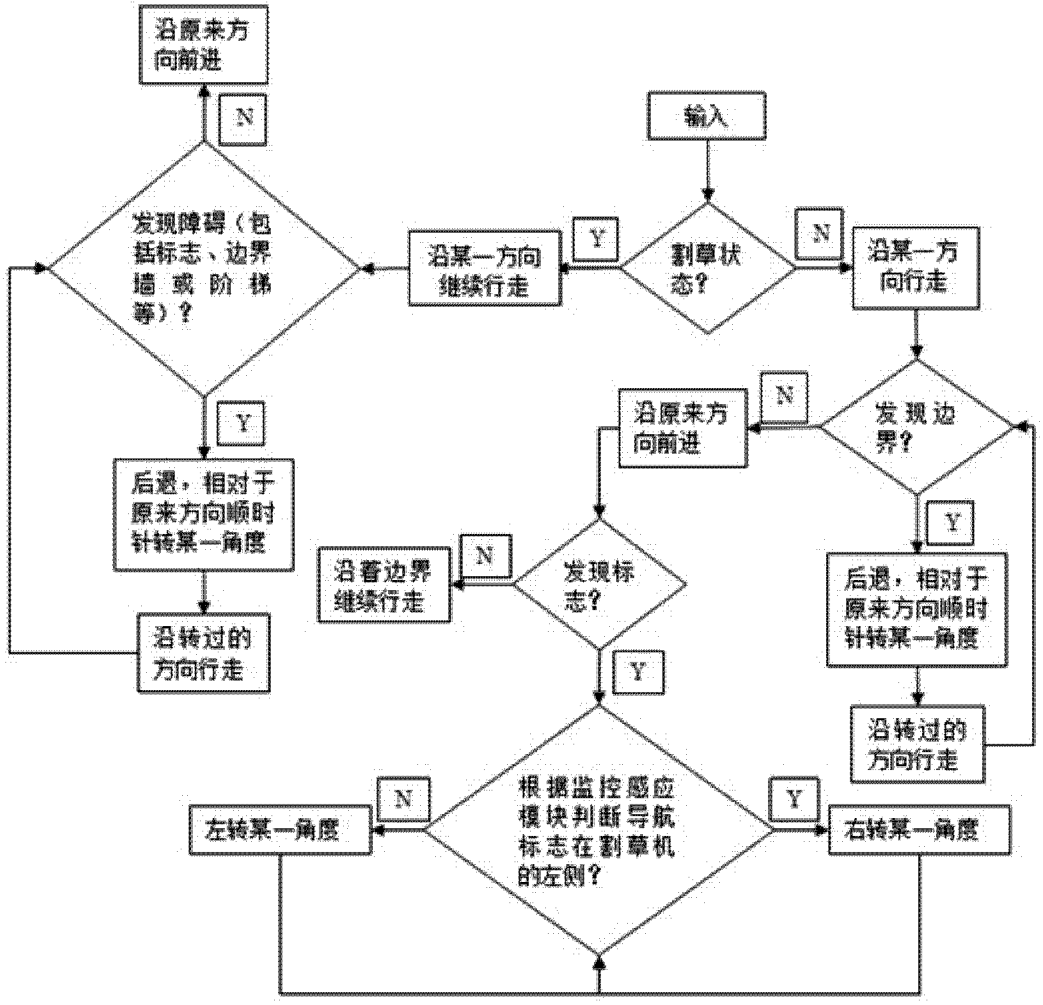

输入
割草状态?
Y
沿某一方向继续行走
N
沿某一方向行走
发现障碍（包括标志、边界墙或阶梯等）?
N
沿原来方向前进
Y
后退，相对于原来方向顺时针转某一角度
沿转过的方向行走
发现边界?
N
沿原来方向前进
Y
后退，相对于原来方向顺时针转某一角度
沿转过的方向行走
发现标志?
N
沿着边界继续行走
Y
根据监控感应模块判断导航标志在割草机的左侧?
N
左转某一角度
Y
右转某一角度

图 2

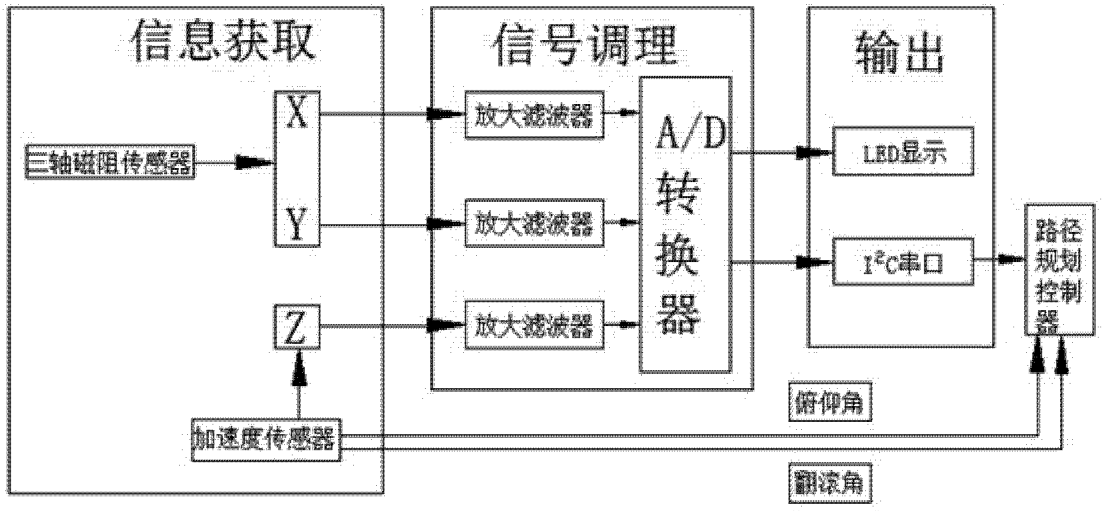

信息获取
三轴磁阻传感器
X
Y
Z
加速度传感器
信号调理
放大滤波器
放大滤波器
放大滤波器
A/D转换器
输出
LED显示
I²C串口
路径规划控制器
俯仰角
翻滚角

图 3

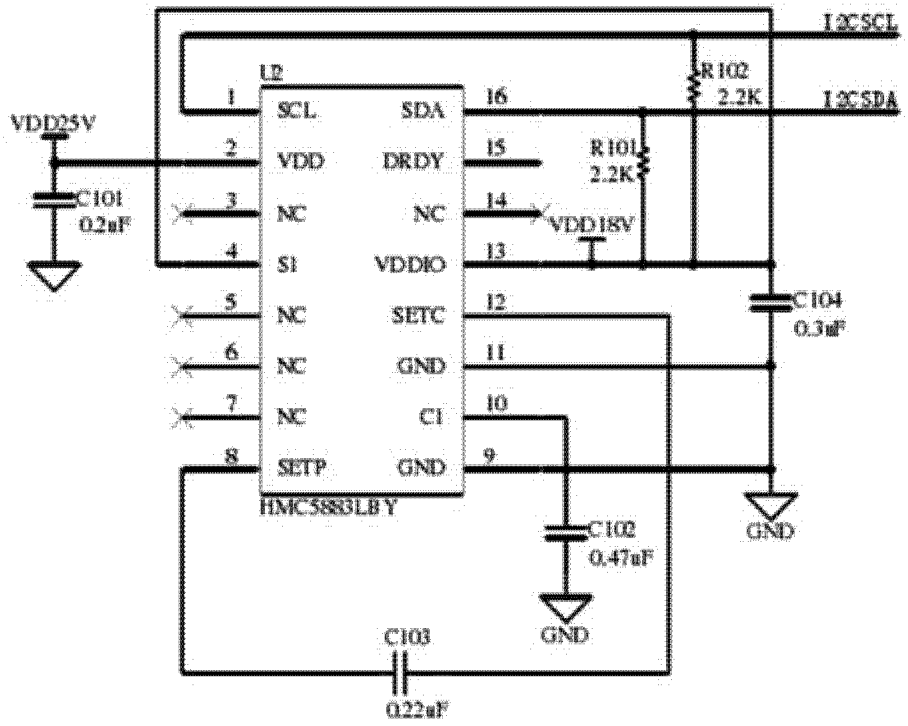

I2CSCL
I2CSDA
U2
R102
2.2K
R101
2.2K
VDD25V
C101
0.2uF
VDD18V
C104
0.3uF
C102
0.47uF
GND
C103
0.22uF
HMC5883LBY
1 SCL
2 VDD
3 NC
4 S1
5 NC
6 NC
7 NC
8 SETP
16 SDA
15 DRDY
14 NC
13 VDDIO
12 SETC
11 GND
10 C1
9 GND

图 4

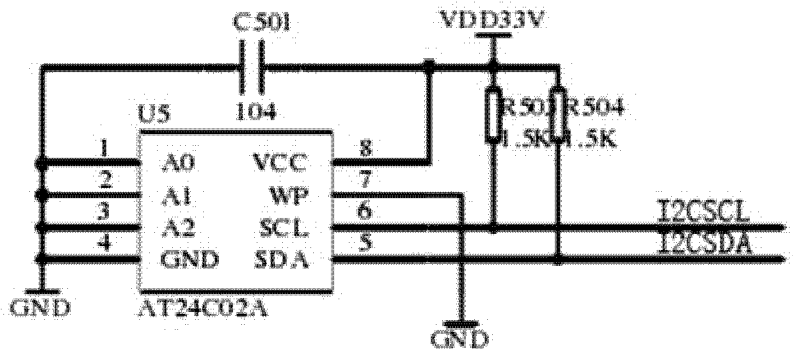

C501
104
VDD33V
U5
R503
1.5K
R504
1.5K
I2CSCL
I2CSDA
GND
GND
AT24C02A
1 A0
2 A1
3 A2
4 GND
8 VCC
7 WP
6 SCL
5 SDA

图 5