(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203643467 U
(45)授权公告日 2014.06.11

(21)申请号 201320884474.8

(22)申请日 2013.12.31

(73)专利权人 南京信息工程大学
地址 210044 江苏省南京市浦口区宁六路219号

(72)发明人 张自嘉 陆健 张丽萍 李贺

(74)专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所（普通合伙） 32238
代理人 张立荣

(51)Int.Cl.
G01P 5/18(2006.01)
G01P 13/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

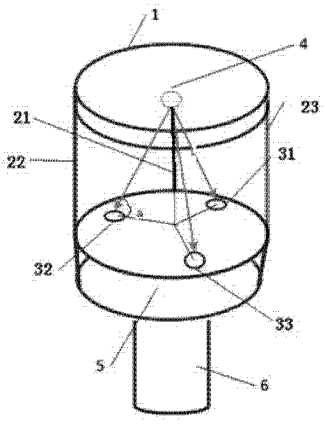
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)实用新型名称

超声波测风仪

(57)摘要

本实用新型提供一种超声波测风仪，它包括机壳、风速风向测量模块、方向校正模块及主控制模块，本实用新型采用一个超声波发射器和三个超声波接收器，使电路结构更加简单，只通过一次发送超声波，就可以测量出风速和方向。本实用新型具有方向校正模块，可在设备安装时无需考虑设备安装方向的问题，在测量过程中，可实现对测量方向进行修正到预先制定的方向，简化了安装的流程，提高了测量的准确性。实用新型提供的超声波测风仪电路设计简单、安装简便，测量方法简单，测量结果准确。



CN 203643467 U

1. 一种超声波测风仪，其特征在于：包括机壳、风速风向测量模块、方向校正模块及主控制模块，

所述机壳包括上安装盒和下安装盒，上安装盒与下安装盒通过支架相连，所述下安装盒下方设有安装立柱；

风速风向测量模块包括一个超声波发射传感器和三个超声波接收传感器，它们分别与主控模块相连；所述方向校正模块也与主控模块相连；

所述主控制模块和方向校正模块放置在下安装盒中，三个超声波接收传感器内嵌在在下安装盒中并呈等边三角形分布，超声波发射传感器内嵌在上安装盒中，超声波发射传感器位于三个超声波接收传感器正上方，并对应位于三个超声波接收传感器形成的等边三角形的中心位置。

2. 如权利要求 1 所述的超声波测风仪，其特征在于：所述主控制模块包括 CPLD/FPGA 控制器、电源模块、RS485 接口模块、超声波驱动电路、温度补偿模块、信号调理电路以及阈值比较电路，所述的电源模块、RS485 接口模块、温度补偿模块、超声波驱动电路以及阈值比较电路均与 CPLD/FPGA 控制器相连接，所述电源模块还与超声波驱动电路模块连接，所述超声波发射传感器与超声波驱动电路模块连接，所述超声波接收传感器与信号调理电路连接。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的超声波测风仪，其特征在于：所述的方向校正模块包括一磁力传感器。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的超声波测风仪，其特征在于：所述的超声波发射传感器与超声波接收传感器具有辐射方向开角。

超声波测风仪

[0001] 技术领域：

[0002] 本实用新型涉及风速风向测量领域，具体涉及一种超声波测风仪。

[0003] 背景技术：

[0004] 风速仪在气象、民航、公路、农业和新能源领域都发挥着重要的作用。目前超声波式风速仪已经成为风速仪应用和发展的主流。

[0005] 目前的超声波式风速风向仪主要是基于时差法和相位差法的测量原理，装置在设计中，往往需要将超声波传感器安置在与地理南北、东西相同的方向上，在用户使用时，往往需要按照预先设定的方向与地理南北、东西方向校正安装，若安装方向发生误差，则会导致测量结果发生错误。同时，现有的超声波风速仪大多采用分时原则，即一对超声波换能器轮流发送和接收信号，需要测量的次数多，并且电路结构复杂，往往由于多次测量导致测量结果有误差。

[0006] 发明内容：

[0007] 本实用新型的目的在于提供一种电路结构简单、安装简便、测量结果精准的超声波测风仪。

[0008] 本实用新型的技术方案如下：

[0009] 一种超声波测风仪包括机壳、风速风向测量模块、方向校正模块及主控制模块，

[0010] 所述机壳包括上安装盒和下安装盒，上安装盒与下安装盒通过支架相连，所述下安装盒下方设有安装立柱，用于支撑固定作用；

[0011] 风速风向测量模块包括一个超声波发射传感器和三个超声波接收传感器，它们分别与主控模块相连；所述方向校正模块也与主控模块相连；

[0012] 所述主控制模块和方向校正模块放置在下安装盒中，三个超声波接收传感器内嵌在在下安装盒中并呈等边三角形分布，超声波发射传感器内嵌在上安装盒中，超声波发射传感器位于三个超声波接收传感器正上方，并对应位于三个超声波接收传感器形成的等边三角形的中心位置。

[0013] 所述主控制模块包括 CPLD/FPGA 控制器、电源模块、RS485 接口模块、超声波驱动电路、温度补偿模块、信号调理电路以及阈值比较电路，所述的电源模块、RS485 接口模块、温度补偿模块、超声波驱动电路以及阈值比较电路均与 CPLD/FPGA 控制器相连接，所述电源模块还与超声波驱动电路模块连接，所述超声波发射传感器与超声波驱动电路模块连接，所述超声波接收传感器与信号调理电路连接。

[0014] 方向校正模块包括一磁力传感器。超声波发射传感器与超声波接收传感器具有一定的辐射方向开角。

[0015] 本实用新型具有如下有益效果：

[0016] 1. 本实用新型超声波测风仪采用一个超声波发射器和三个超声波接收器，使电路结构更加简单。测量过程中只通过一次发送超声波，就可以测量出风速和方向。

[0017] 2. 本实用新型超声波测风仪具有方向校正模块，可在设备安装时无需考虑设备安装方向的问题，在测量过程中，可实现对测量方向进行修正到预先制定的方向，简化了安装

的流程，提高了测量的准确性。

[0018] 3. 本实用新型超声波测风仪电路设计简单、成本低，电路采用模块化设计。

[0019] 4. 本实用新型环境适应性强。上安装盒可以遮挡雨雪和沙尘，降低异物对风速测量的影响，同时上安装盒也可以阻止垂直方向上的风的干扰，提高了整个系统测量精度。

[0020] 附图说明：

[0021] 图 1 为超声波测风仪的结构示意图。

[0022] 图 2 超声波测风仪的俯视结构示意图。

[0023] 图 3 为主控制模块电路组成框图。

[0024] 图 4 为本实用新型风速风向测量装置利用磁力传感器对所测参数进行校正，从而得出实际环境条件下的风速风向参数的方法原理示意图。

[0025] 图 5 为本实用新型的超声波发射传感器发射驱动电路。

[0026] 图 6 为本实用新型的超声波接收传感器信号调理电路及阈值比较电路原理图。

[0027] 图 7 为本实用新型的方向校正模块电路原理图。

[0028] 图 8 为温度补偿电路原理图。

[0029] 图中：1- 上安装盒； 21- 支架；22- 支架；23- 支架；31- 超声波接收传感器 A；32- 超声波接收传感器 B；33- 超声波接收传感器 C；4- 超声波发射传感器；5. 下安装盒；6. 安装立柱。

[0030] 具体实施方式：

[0031] 下面结合附图和具体实施方式对本实用新型进行说明。

[0032] 如图 1、图 2 所示，本实用新型的超声波测风仪包括机壳、风速风向测量模块、方向校正模块及主控制模块。

[0033] 机壳包括上安装盒 1 和下安装盒 5，上安装盒 1 与下安装盒 5 通过支架 3 相连，下安装盒 5 底部连接在安装立柱 6 上，安装立柱用于支撑固定作用。上安装盒 1 与下安装盒 5 相对设置，并通过三根支架连接为一体。

[0034] 风速风向测量模块包括一个超声波发射传感器 4 和三个超声波接收传感器 A、B、C，它们分别与主控模块相连；方向校正模块也与主控模块相连；

[0035] 主控制模块和方向校正模块放置在下安装盒 5 中，三个超声波接收传感器内嵌在下安装盒 5 中并呈等边三角形分布，超声波发射传感器 4 内嵌在上安装盒 1 中，超声波发射传感器 4 位于三个超声波接收传感器正上方，并对应位于三个超声波接收传感器形成的等边三角形的中心位置。其正投影位于三角形的中心。

[0036] 如图 3 所示，主控制模块包括：CPLD/FPGA 控制器、电源模块、RS485 接口模块、超声波驱动电路、温度补偿模块、信号调理电路以及阈值比较电路，所述的电源模块、RS485 接口模块、温度补偿模块、超声波驱动电路以及阈值比较电路均与 CPLD/FPGA 控制器相连接。

[0037] 本实施例中超声波发射器 / 超声波接收器选择需要具有一定的辐射方向开角，以保证由超声波发射器发出的超声波脉冲信号能够稳定可靠的被超声波接收器接收。

[0038] 本实用新型中选用的超声波发射 / 接收传感器具有较高的灵敏度并具有一定的开角，采用型号为 DYA-125-02A 收发一体式传感器，构成风速风向测量模块。

[0039] 本实用新型主控制模块中 CPLD/FPGA 控制器采用 Altera 公司的 CPLD 芯片 EPM240T100C5，其性能稳定、低功耗、性价比高，具有可并行处理的特性，可实现对 3 路超声

波调理电路的信号同时处理。

[0040] 图 5 中给出了上述超声波驱动电路(即超声波发射传感器发射驱动电路)。图中 QU1 与控制器 CPLD 的 I/O 引脚相连,由控制器 CPLD 产生信号控制开关三极管 Q1 的通断,从而使变压器 T1 的副边产生 120V 左右的直流脉冲电压,来驱动超声波发射器 FS1 产生一段超声波脉冲信号。

[0041] 图 6 中给出了上述信号调理电路(即超声波接收传感器信号调理电路)及阈值比较电路原理图。图中超声波接收器 FS2 接收超声波发射器发送的超声波信号,信号经由运算放大器 U1 构成的两级放大电路进行放大处理产生后续电路所需电压信号,并送至比较器 U2 构成的阈值比较电路产生计时中断信号,中断信号送入 CPLD 与 INT2 相连接的端口进行处理。

[0042] 如图 7 所示,本实用新型中采用型号为 LSM303DLM 的磁力传感器构成方向校正模块,该芯片采用 I2C 协议进行数据传输,具有较高的数据传输率。其电路原理图如图 7 所示。该芯片控制端口和数据端口引脚直接与 CPLD 相连接,CPLD 通过 INT1 和 INT2 引脚产生中断控制信号来读取当前安装方位角数据,方向传感器通过 I^2C 接口将数据送入 CPLD 进行处理实现对方向校正。

[0043] 风速仪测量过程中主控制器需要获得当前的环境温度数据来实时对测量单元进行温度补偿保证测量精度。本实用新型中的温度补偿模块主要包括温度检测电路和低温补偿电路,温度检测电路采用数字温度传感器 DS18B20 芯片构成检测模块,其低温测温范围可达 -55 摄氏度,测温误差小于 0.5 摄氏度,测量精度高,在使用中不需要任何外围元件,测温电路简单,其直接与 CPLD 控制器相连接。图 8 所示为低温补偿电路,电热丝 H1 分别放置于上安装盒和下安装盒中,实现对上、下安装盒之间的区域进行加热,补偿电路控制端 Con1 直接与 CPLD 相连接,通过控制开关三极管 Q5 通断来控制电热丝工作。

[0044] 本实用新型的超声波测风仪进行风速风向的测量方法,具体包括以下步骤 :

[0045] 图 4 中为两个坐标系,虚线为实际安装时的坐标系,实线是要修正到的坐标系。在以下步骤中,步骤(4)和步骤(5)是对于实线坐标系来计算风速风向值,其他是按照虚线坐标系来进行。

[0046] (1) 主控制器 CPLD/FPGA 获取温度补偿模块数据,判断是否需要进行温度补偿,通过补偿使声速在测量过程中始终维持恒定值为 340m/s。温度补偿的计算公式如下 :

[0047] $$v_c = 331.3 + 0.606\,T_c$$

[0048] 其中 v_c 为声速,T_c 为当前环增温度值 ;

[0049] (2) 由主控制器 CPLD/FPGA 产生信号使超声波驱动电路模块驱动超声波发射器发出脉冲信号,并同时启动主控制器 CPLD/FPGA 内部的与 3 个超声波接收器相对应的计数器,当超声波脉冲信号分别被下安装盒中的超声波接收器接收 ;

[0050] (3)超声波接收器接收到的信号分别经各自的后续信号调理电路进行放大处理,并经阈值比较电路产生各自对应的计数器中断停止信号,分别获得超声波脉冲从发送到被各路超声波接收器接收到所经过的时间 t,通过计算可以获得 3 个超声波接收器所构成的等边三角形结构上各边上的风速值分量 :

[0051] $$V_{U2}=\sqrt{3}\cdot\left(c+\frac{1}{t}\right)\cdot\cos\alpha$$

[0052] 其中V_{U2}为 3 个超声波接收器所构成的等边三角形结构上边上风速值，c 为声速，t 为超声波脉冲信号从超声波发射器发送到被超声波接收器接收到所传播的时间，α为超声波发射器与 3 个超声波接收器构成的空间结构的最大截面角。

[0053] （4）主控制器通过磁力传感器获得相应数据来进行风速风向校正并得到所测风速风向；

[0054] （5）最后主控制器通过 RS485 接口模块将数据送出。

[0055] 图 4 为本实用新型风速风向测量装置利用磁力传感器对所测参数进行校正，从而得出实际环境条件下的风速风向参数的方法原理示意图。其中 X、Y 虚线坐标为整个风速风向测量装置安装时所指向的地理方位，X、Y 虚线坐标为以传感器 A 为指定方向上建立的坐标系。实线坐标为实际地理南北、东西方向上的坐标，其中角度 r 为磁力传感器测量出的实际安装方向与地理南北、东西方向上的偏向角度，图 4 中 A、B、C 为图 1 示意图中下安装盒上的 3 个超声波接收器。角度 a 为超声波发射器与 3 个超声波接收器构成的空间结构的最大截面角。

[0056] 如图 4 所示，设由上安装盒中的超声波发射器发出的超声波脉冲信号到达下安装盒中的超声波接收器 A、B、C 所传播的时间为：t_A, t_B, t_C。

[0057] 根据公式$V_{U2}=\sqrt{3}\cdot\left(c+\frac{1}{t}\right)\cdot\cos\alpha$，可以得出风速值在 A、B、C 组成的等边三角形各边上的风速分量值：

[0058] $$V_{AC}=\sqrt{3}\cdot\left(c+\frac{1}{t_A}\right)\cdot\cos\alpha$$

[0059] $$V_{CB}=\sqrt{3}\cdot\left(c+\frac{1}{t_C}\right)\cdot\cos\alpha$$

[0060] $$V_{AB}=\sqrt{3}\cdot\left(c+\frac{1}{t_B}\right)\cdot\cos\alpha$$

[0061] 根据等边三角形基本定理，可以得到图中所示的风向在安装方向 X、Y 方向上的风速分量值V_X, V_Y：

[0062] $$V_X=\frac{1}{2}\cdot V_{AC}+\frac{1}{2}\cdot V_{CB}+V_{AB}$$

[0063] $$V_Y=\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot V_{AC}+\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot V_{CB}$$

[0064] 根据磁力传感器读取的数据，可以得到实际地理南北、东西的方向与安装方向的偏向角 r，根据该偏向角度可以得出实际风的风速值分量V'_X, V'_Y，并根据该风速值风量可以得出风向：

[0065] $$V'_X=V_X\cdot\cos r$$

[0066] $V_Y' = V_Y \cdot \cos r$

[0067] 根据矢量合成的原理，可以得出实际风速和风向的值：

[0068] $V = \sqrt{(V_X')^2 + (V_Y')^2}$

[0069] $\theta = \arctan(\frac{V_X'}{V_Y'})$。

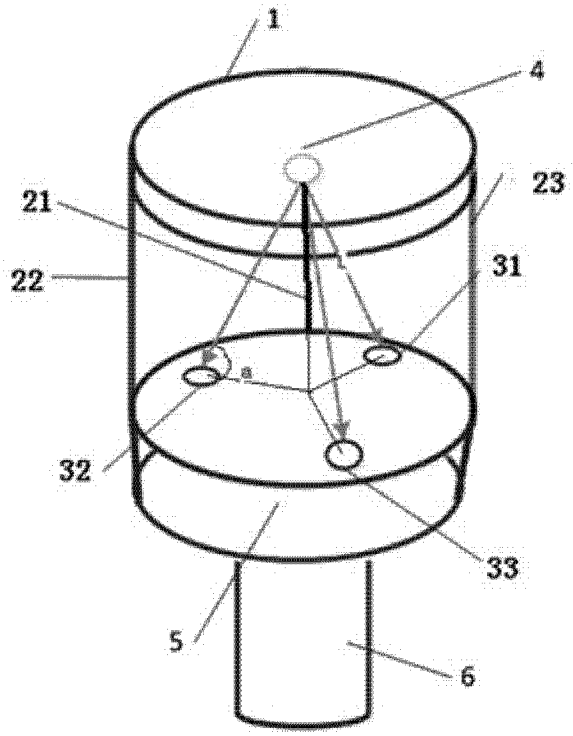


图 1

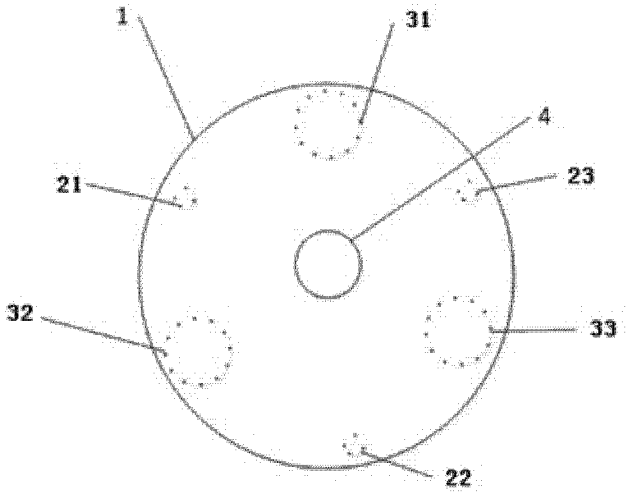


图 2

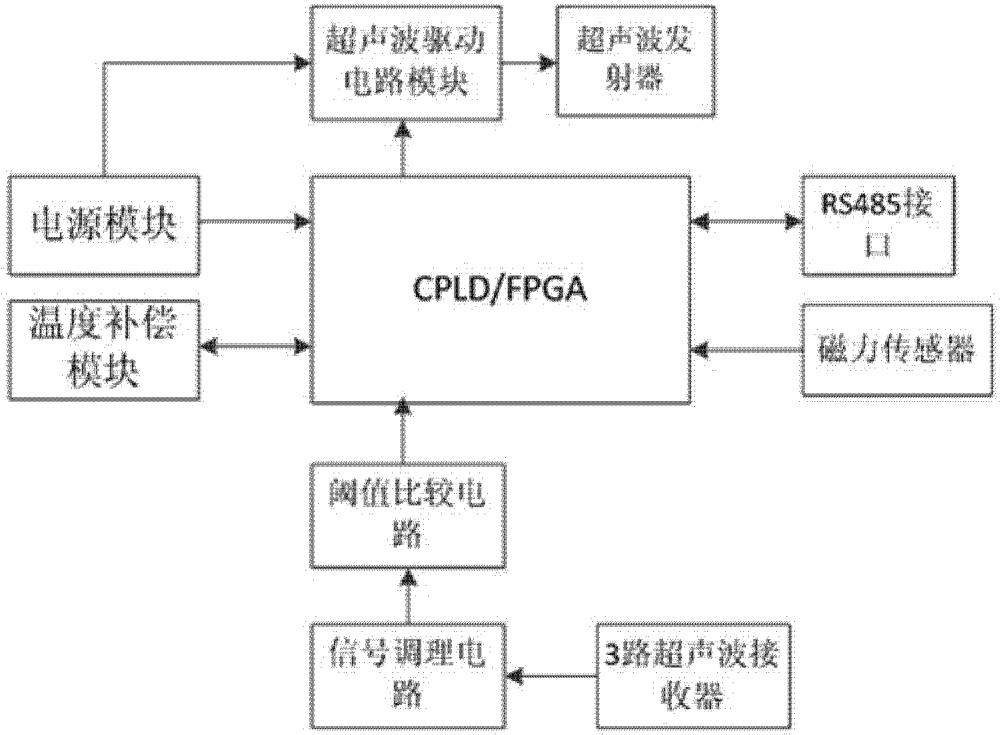

超声波驱动电路模块
超声波发射器
电源模块
CPLD/FPGA
RS485接口
温度补偿模块
磁力传感器
阈值比较电路
信号调理电路
3路超声波接收器

图 3

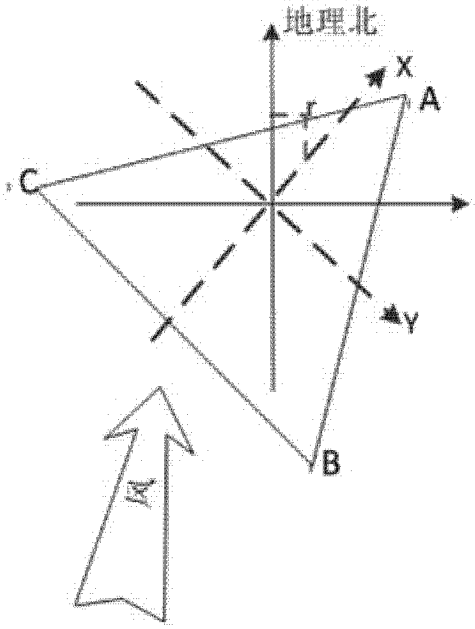

地理北
X
A
C
Y
B

图 4

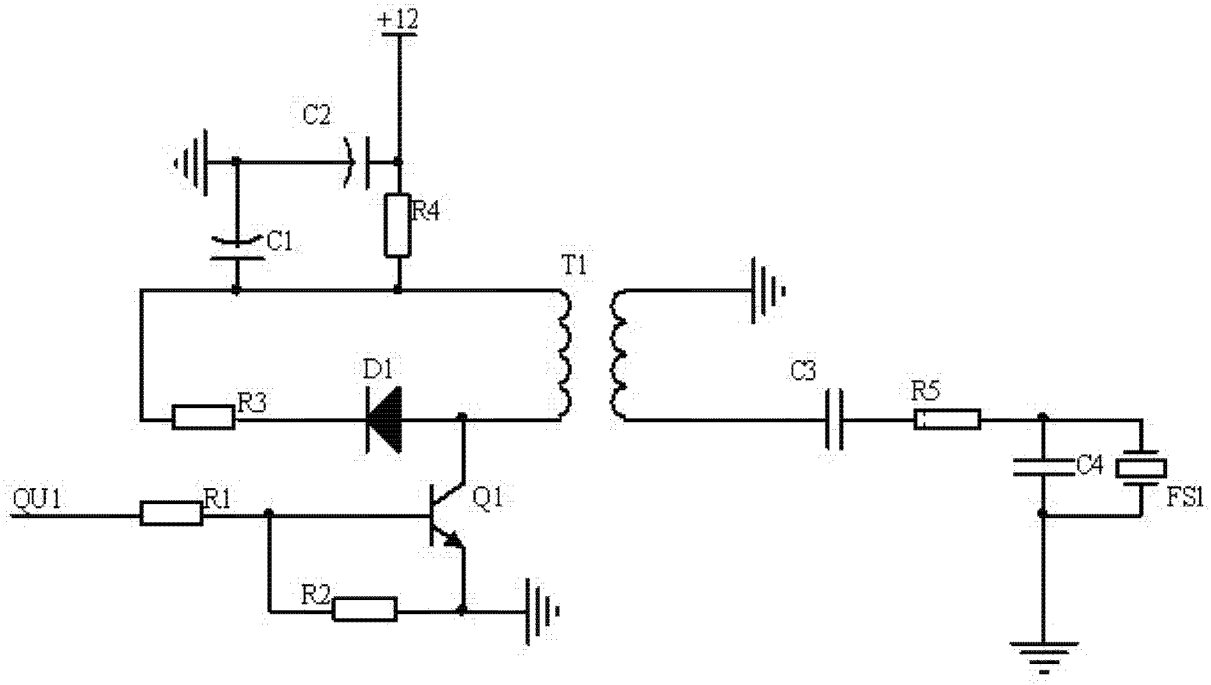


图 5

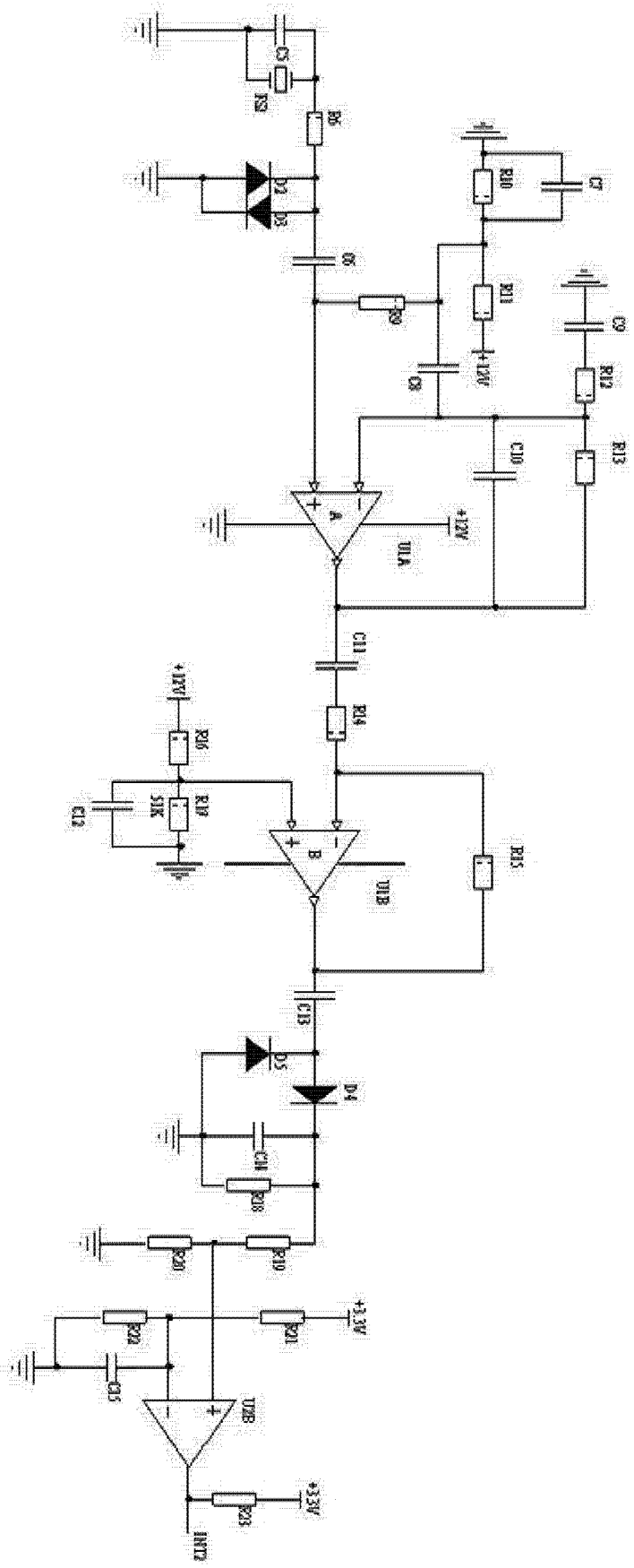

C3
R3
R6
D2
D3
C6
R9
R10
C7
R11
C8
+12V
C9
R12
C10
R13
U1A
+12V
C11
R14
+12V
R16
C12
51K
R19
U1B
R15
C13
D5
D4
C14
R18
R20
R17
+3.3V
R22
R21
C15
U2B
+3.3V
R23
IN12

图 6

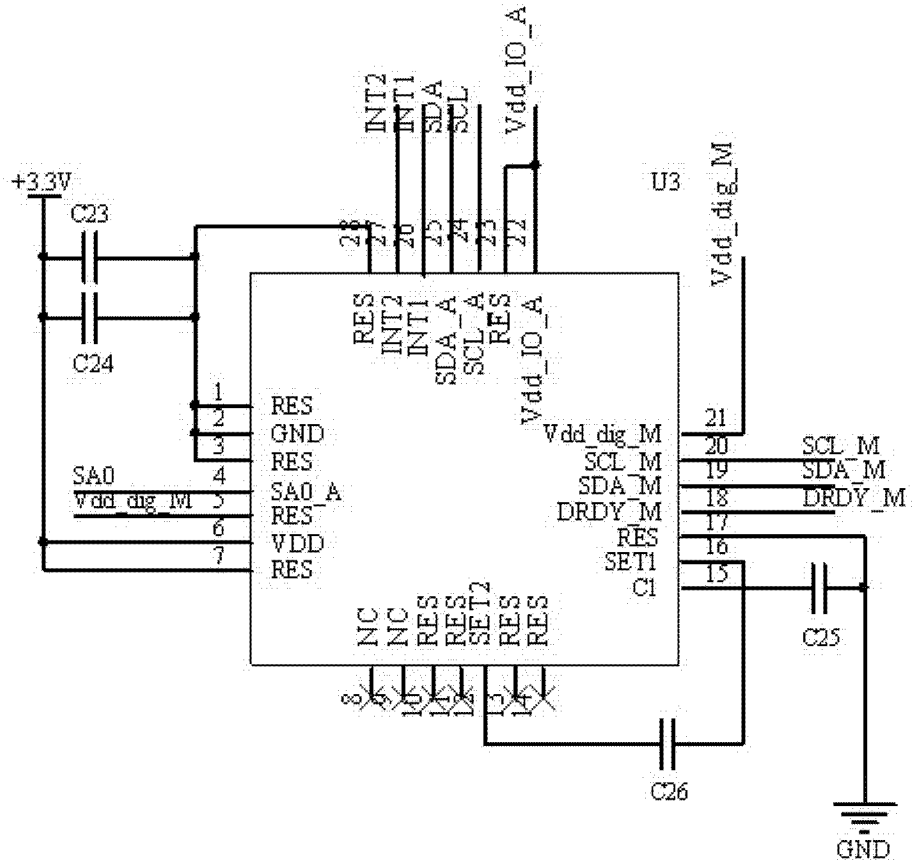

+3.3V
C23
C24
U3
INT2
INT1
SDA
SCL
Vdd_IO_A
Vdd_dig_M
RES
GND
SA0
SA0_A
VDD
SCL_M
SDA_M
DRDY_M
SET1
C1
NC
SET2
C25
C26
GND

图 7

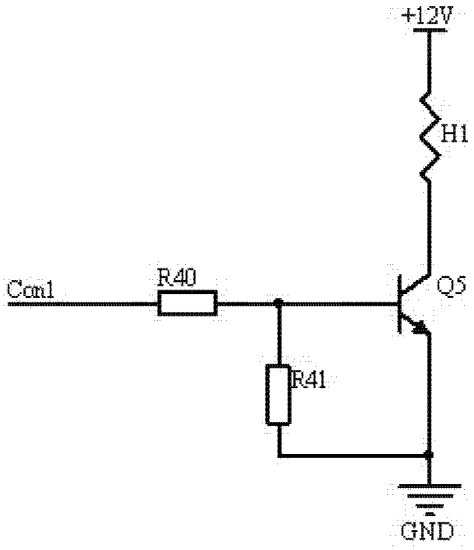

+12V
H1
Com1
R40
Q5
R41
GND

图 8