1. 绪论

1.1论文研究背景及意义

1.2国内外研究现状

1.3文章结构安排

1.4本章小结

二、基于多传感器的UGS系统介绍

2.1 UGS系统总体设计

（流程图）

2.2系统信号采集系统组成

信号采集系统主要由两级信号采集系统组成，分为高功耗采集系统和低功耗采集系统。低功耗采集系统长期通电值守，检测入侵对象大致情况，低功耗系统外设由振动传感器构成；当达到预设的标准后，由MCU和通信系统配合，开启高功耗信号采集系统，高功耗系统外设由磁传感器、舵机和摄像头组成。

2.2.1振动传感器介绍

传感器是获取自然和生产领域中信息的主要途径与手段。在现代国防事业建设中，需使用各种传感器来监视被防范地区和获取实时入侵信息，提高国防的实时性和灵敏性，增强现代化程度。因此可以说，没有众多的优良的传感器，现代化国防也就失去了基础。

振动传感器功能是将传感元件的输出量变为后续分析仪器进行信号处理所能接受的一般电压信号；主要类型有：电涡流式、电感式、电容式、压电式、电阻应变式等等。振动传感器在本系的功能和作用为：作为低功耗值守系统实时开启监控入侵者的出现，收集入侵者发出的信号，作为高功耗系统开启的前置系统；

本系统选用的型号为RS293压电振动敲击传感模块，该模块选用的传感器类型是压电陶瓷传感器；压电式振动传感器是利用晶体的压电效应来完成振动测量的，当被测物体的振动对压电式振动传感器形成压力后，晶体元件就会产生相应的电荷，电荷数即可换算为振动参数。压电陶瓷传感器的优点是：体积小、频率响应快、无须外加电源、无噪声、灵敏度高等等，满足了野外工作的UGS系统低功耗、迅速反应、隐蔽要求高的需求；配以LM383型双排电压比较器模块，可以将模拟输入转换为TTL电平输出；输出范围是（LM393datasheet上找的）

（整个输出信号图）

（因为可以输出模拟信号，所以用串口输出电压值，然后用matalab画电压值图像）

2.2.2磁传感器介绍

　磁传感器是一种能够以与变化或中断成比例的方式响应磁场变化或中断的设备，其类型包括依赖于霍尔效应的磁传感器和基于磁阻（MR）效应的磁传感器。这两种类型的主要区别在于：霍尔效应传感器响应垂直于传感器场的变化，而MR传感器响应平行于传感器场的场变化。



本系统中采用的是QMC5883L型AMR传感器，该传感器来源于Honeywell公司出品的HMC5883L型AMR传感器，具有造价便宜，灵敏度高等优点。MR传感器在连接到恒压源的材料时经受改变，材料[电阻](http://www.hqchip.com/app/dianzudianrongdiangan)的平行磁场时会产生电流差异，从而改变电流。在这种情况下，电流变化与磁场的变化成比例。



QM5883L型磁传感器工作原理图

QMC5883L型磁传感器在本系的功能和作用为：作为高功耗定位系统，在低功耗系统发出预警并接收中央端发送的开启命令时，确定入侵者在空间中的位置。QMC5883L.输出十六位信息表示三个方向上的坐标，从而确定空间中任意位置，该磁传感器模块输出的信号，可以用于定位入侵者入侵位置，发送给中央处理系统并作为摄像头的转动位置信息，为该入侵检测系统的下一步防控入侵提供精确的位置信息。

2.2.3舵机介绍

（舵机有什么好介绍的，我用来实验的小破舵机质量堪忧）

（重点在和磁传感器的配合上1+1>2）

舵机是一种位置（角度）伺服的驱动器，适用于需要角度不断变化并可以保持的控制系统，因此舵机适用于本系统中随机出现的不确定的入侵者位置，为了可以转向到任意前置系统指示的位置，本系统中需要选用三个舵机进行配合以达到目的。

本系统中选用的是SG909G,180°型舵机，由于条件限制，只作测试模型使用，所以马力较小。该舵机通过单片机输出的PWM波进行控制。由于舵机驱动力有限，需要在单片机和舵机之间增加功率放大电路或使用舵机控制板控制。但舵机控制板的集成度较高，且主要作用是扩展PWM口和扩展电源口，而本系统使用的STM32F103C8T6拥有四个TIM口，电源扩展板又可以进行制作，所以并不是必要的，此举还可以减小整个系统的体积。

舵机在本系统中的作用是：配合前置的低功耗值守系统，位置定位系统以及后置的高功耗高精度拍摄系统，作为入侵者检测的拍摄的重要组成部分，将拍摄系统的方向转换至合适位置，对入侵者进行精确的拍摄并进行信息的回传。

2.3系统通信系统组成

2.3.1 LORA通信系统介绍

（吹一波国产彩虹屁，功能强大操作简单可以透传可以广播）

LORA 指的Low Range Radio, 是SEMTECH公司创建的低功耗局域网无线标准.用于实现远距离、低功耗的LPWAN通信系统，一个LoRa网关可以连接上千上万个LoRa节点, 实现了本入侵检测系统需求的一端前方预警八方或者多端判断避免失误的传输目的。LORA模块在唤醒工作状态下，电池寿命长达10年；绕射能力强，传输距离在城镇可达2-5 Km ，郊区可达15 Km 。有利于在供电不稳的环境或者野外不能及时更换电池的复杂的环境环境使用；该通信方式位于多免费波段，节省通信资费，可以免去一大笔用于维护的开支；且其支持节点多，便于大量部署。在本系统的背景之下，可以设置多个采集终端，利用扩频技术，将每bit的数据都分割成码片，扩大数据传输路径的容量，以提高防入侵能力。故而在该防入侵系统中的各个本地端之间的通信可以进行简单组网，利用其无线传输的灵活性进行信息传递。同时这种通信方式抗干扰能力较强，可以较大程度上对抗对方在入侵目标上安装的反侦察系统。

本系统中使用的是SX1278型LORA模块，远距离，低功耗，满足该系统低功耗、传输距离远、隐蔽性强的要求。该芯片官方版本有十六个引脚，可以进行主机从机模式选择，复位选择，并含有多个数字IO 口，造价高昂，占用MCU资源较多，不利于MCU进行其他处理；因此在模块选择时选择了国产的七脚的LORA模块，仅仅含有模式选择口、数据收发口、状态指示口，可以进行透明传输，也可以进行定点传输，占用MCU 资源较少，安全性能较高，且降低了能耗。

LORA模块在本系统中的作用主要是使本地检测系统和中央处理系统之间进行低功耗的、无线、远距离通信。防入侵系统因其隐蔽性、可移动性的要求，不可能在环境中大量铺设有线设备，因此无线通信就显得十分重要。LORA模块具有监听和广播等功能，且能带动数量较多的节点，最大程度地满足了系统的稳定性和安全性。在野外同时不可能放置大量的供电设备，因此只能使用储电设备进行供电，节约电能是一个重要议题。LORA模块具有四种工作模式，此处应该采用的是唤醒模式，即只在需要的时候发送信号让模块开启，必要的时候还可以开启休眠模式保证安全性，极大地延长了电池地使用时间。

2.4中央处理系统

三、基于多传感器的UGS系统功能设计

3.1总体功能设计

（流程图添加功能）

3.2信号采集系统设计

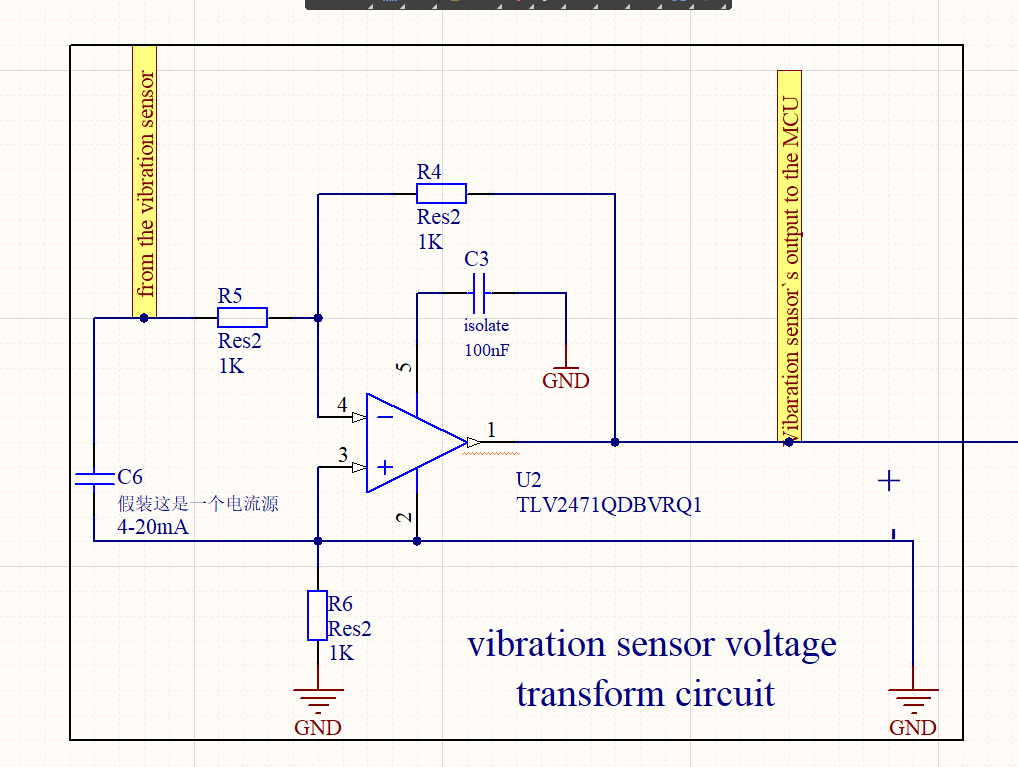
3.2.1振动传感器功能及其信号调理电路

MR型传感器输出信号为电压信号

压电型振动传感器输出的电压信号较稳定，电流信号较微小。因此信号调理电路的主要功能是对电压信号进行处理，使其经过信号调理电路处理后的电压在0-3.3V范围内变化，配合于选用的STM32F103C8T6型MCU的标称输入电压范围，防止该外设短路后烧坏单片机和系统其他部分。

由该款振动传感器模块上搭载的芯片的相关数据手册可知，该模块的输出电压范围在0-之中，而该系统选用的STM32F103C8T6系列单片机的正常工作电压及可接受外设输入电压在0-3.3V之间。因此在外设和单片机之间应配置功率缩小电路以使该系统达到正常工作状态，在此我们选用AMS1117型降压稳压模块对输出的外设输出电压进行范围合理化、稳定化处理。

其原理图如下图所示



稳压降压电路原理图

选用的振动传感器可以连续输出模拟信号，因此在输入MCU时，开启stm32的USART口进行数据的收集。通过AD转换，可以实现振动传感器采集到的振动信号到电信号转换的可视化表示。同时通过对振动传感器模块中集成的运算放大器外部连接的电阻的阻值进行调整，可以实现该信号调理电路参数的控制，从而实现输入输出比例控制以及传感器灵敏度的控制。

3.2.2磁传感器系统设计

MR型传感器输出信号为电流

1857 年，Lord Kelvin 无意中发现了铁质物品在磁场中，阻值会发生微弱变化，因此而发现了磁阻效应。但直到100多年后的1971年，才由Hunt第一次提出了磁阻传感器的概念。



Hunt元件的几何结构

具有感应电流 I 和磁化矢量 M 的磁阻薄膜，与薄膜平面上的电流形成角度 α，以此确定信号。磁场 Hy 耦合到软磁传感器材料中，这将改变由感应电流探测带来的电阻系数。

MR传感器在连接到恒压源时性质随电压改变而发生改变，彼时，材料[电阻](http://www.hqchip.com/app/dianzudianrongdiangan)的平行磁场会产生的感应电流会产生差异，从而引发磁场强度的改变。在这种情况下，电流变化与磁场的变化成比例。

其中电阻率的变化依照如下规律：

其中为磁化后电阻率与感应电流的比值，为MR 的系数，为典型镍铁合金的1.5~3%。

MR型传感器的输出信号为电流信号，通过模拟电子线路知识我们可以知道，在模拟电路中电流的变化极为不稳定且难以测得准确值、受到电路阻抗的影响较大。为了便于测量，输出信号应该由电流电压转换信号调理电路进行处理，以方便测量和下一步输入MCU中。

选用的QMC5883L型磁传感器已经集成了相关的电流电压转换信号调理电路，将电流信号转换为电压信号，便于测量和使用。从QMC5883L的数据手册中可知，该模块的输出电压范围为0~,可再次连接同振动传感器与MCU间相同的电压转换信号调理电路，即降压稳压模块，以配合输入MCU的统一标准。

其中电流电压转换信号调理电路原理图如图所示：

3.3.3舵机转向系统设计

舵机转向系统由三个SG90G型舵机组成，活动范围为180°，三个舵机组合，可以实现空间内六个自由度任意方向的转动。配合磁传感器获得的空间坐标，可以将舵机转向系统搭载的摄像头转向空间中的任何位置，以便拍摄本系统中随机出现的不确定的入侵者的精确图像。

（缺一张图，舵机总图）

SG90G型舵机的标称输入工作电压为5V，而本系统选用的STM32F103C8T6型MCU的GPIO口设置为推挽输出方式时，输出电压为3.3V，需要电压转换信号调理电路来调整电压的输出级。另外，该系统需要带动三个舵机以及其他外设，而MCU的工作电压为3.3V，致系统的带负载能力有限，因此在舵机转向系统和MCU之间需要设置功率放大电路，以增强电流输出，增强系统带负载能力。

（功率放大电路图）

3.3系统通信系统设计

3.3.1LORA通信系统网络结构设计

在此系统中选择了SX1278模块，用以组成低功耗的无线通信网络。达到无线组网、灵活迅速移动的目的。LORA系统低功耗、高安全性，满足野外环境下需要迅速布局、隐蔽性高的需求。

此次选择的LORA芯片SX1278有定点发射、广播发射两种传输方式。其中定点发射方式为只可以通过指定信道传输到指定地址，安全性高；广播发射方式则可以将发射的信息传输到指定信道中的任意地址，具有高度灵活性和高度防破坏性、稳定性；广播发射模式还有一种功能是监听，接收端可以接收指定信道下布设的所有地址的发射端的信息，在入侵对象破坏其中一部分接收端之后，仍能获得相关信息，大大提高了防范性能。

（实例lora网络图片，广播透传都可以）

[网络](https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%91%E7%BB%9C)拓扑的早期研究始于1736年瑞士数学家L·欧拉发表的关于柯尼斯堡桥问题的论文。1845年和1847年，G.R.基尔霍夫发表的两篇论文为[网络](https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%91%E7%BB%9C)拓扑应用于电[网络分析](https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%91%E7%BB%9C%E5%88%86%E6%9E%90)奠定了基础。[网络](https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%91%E7%BB%9C)拓扑(Network Topology)结构是指用[传输介质](https://baike.baidu.com/item/%E4%BC%A0%E8%BE%93%E4%BB%8B%E8%B4%A8/5538029)互连各种设备的物理布局。指构成[网络](https://baike.baidu.com/item/%E7%BD%91%E7%BB%9C/143243)的成员间特定的物理的，即真实的、或者逻辑的即虚拟的排列方式。网络拓扑结构指的是各个终端和中央端之间为了实现互联互通而设计的一定的组织结构。

本系统初步设计的网络拓扑机构为：两个母结点进行与上位机的通信、使用四个终端结点进行入侵对象信号的收集，形成一种多结点、复杂链路的通信网络。在实际野外应用情况中，可以适当增加母结点数量，以提高系统稳定性和防入侵性，最大限度地防止由于部分或者个别节点的破坏给整个系统运行带来的影响。

本系统设计的网络拓扑结构如下：

（两母多子结构图）

本系统的通信系统主要分为两部分：本地端和通信端

通信端由LORA模块SX1278和STM32F103C8T6型的MCU组成

{图}

本地端的构成为：由RS293型振动传感器、QMC5883L型AMR磁传感器、OV7670摄像头组成的信号采集系统，SG90S型舵机组成舵机转向系统，LORA模块SX1278组成的通信系统和SX1278和STM32F103C8T6型的MCU构成。

{图}

3.3.2 LORA通信系统收发功能设计

SX1278型芯片设有四种工作模式：一般模式、唤醒模式、省电模式、休眠模式。其中本系统设计为：一般值守情况下：母结点使用省电模式、子结点使用唤醒模式；当有入侵对象入侵时，子结点向母结点发送信号，母结点切换为唤醒模式。这种设置既满足了值守时降低功耗、节省资源的要求，又实现了系统迅速反应、及时传输的要求。

选用的STM32F103C8T6型MCU的工作电压为3.3V，由技术手册中该芯片的正常输出工作电压区间为 3.3V~5.2V，以及输出为TTL电平可知，在此外设与MCU之间并不需要放大电路或者上拉电阻来驱动该模块保证该模块的工作在正常电压范围内，可以直连工作。

发射系统分为两部分：

一部分为子结点发射系统：连接在放置于环境中的用于检测入侵对象的本地端系统上。主要的功能为：发送振动传感器收集到的入侵对象的信号到母结点接收端；如果子结点接收端收到了开启高功耗入侵检测系统的命令，则在高功耗入侵检测系统收集到入侵对象的精确信息之后，将入侵对象的精确信息发送到母结点接收端。

另一部分为母结点发射系统：连接在放置于离野外环境中用于检测入侵对象的本地端系统较远的、较为安全的、防卫和维护人员较易于到达的人工保护环境中的通信端系统上。主要功能为：如果收到了来自中央端上位机的高功耗入侵检测系统开启命令则向本地端系统发射该信号，使本地端的高功耗入侵检测系统可以迅速开启，对入侵对象进行更加精确的检测。

接收系统也分为两部分：

一部分为子结点接收系统：连接在放置于环境中的用于检测入侵对象的本地端系统上。主要功能为：本地端收到通信端发来的来自中央端上位机的高功耗入侵检测系统的开启命令，开启高功耗入侵检测系统。其具体过程为：如果本地端在发送了振动传感器收集到的入侵对象的相关信号，中央端主机接收到并进行分类判断处理；若判断为需要进一步动作，中央端主机就会通过通信端发送高功耗入侵检测系统的开启命令到本地端，使高功耗入侵检测系统开启。

另一部分为母结点接收系统：连接在放置于离野外环境中用于检测入侵对象的本地端系统较远的、较为安全的、防卫和维护人员较易于到达的人工保护环境中的通信端系统上。主要功能为：接收来自本地端的振动传感器的收集到的入侵对象的信号；如果在将收集到的来自本地端的振动传感器的收集到的入侵对象的信号到中央端后，中央端上位机判断为需要开启高功耗入侵检测系统，则需要接收来自中央端上位机的高功耗入侵检测系统的开启信号；则会有关联的下一步动作，接收来自本地端高功耗入侵检测系统接收到的精确度较高的来自磁传感器的入侵对象位置信息和来自摄像头的入侵对象图像信息。

（整个图吧，自己画，字母结点各用气泡箭头表明接收和发射的信息）

3.4中央处理系统设计

3.4.1振动信号的处理和判断

将收集到的入侵检测低功耗值守系统收集的振动信号发送到中央端主机，通过深度学习算法，将信号进行分类。以进行下一步是否要进行高功率入侵对象检测系统开启的判断。深度学习算法的主要流程为通过已经训练好的model的filter提取信号的部分特征，与深度学习算法内部已有的model进行比较。如果比较结果在在阈值之上，则可以判断为真，发送开启命令，如果在阈值之下，则可以判断为假，不发送任何命令。

3.4.2命令执行判断

3.4.3图像处理

通过灰度图实现种类的判断

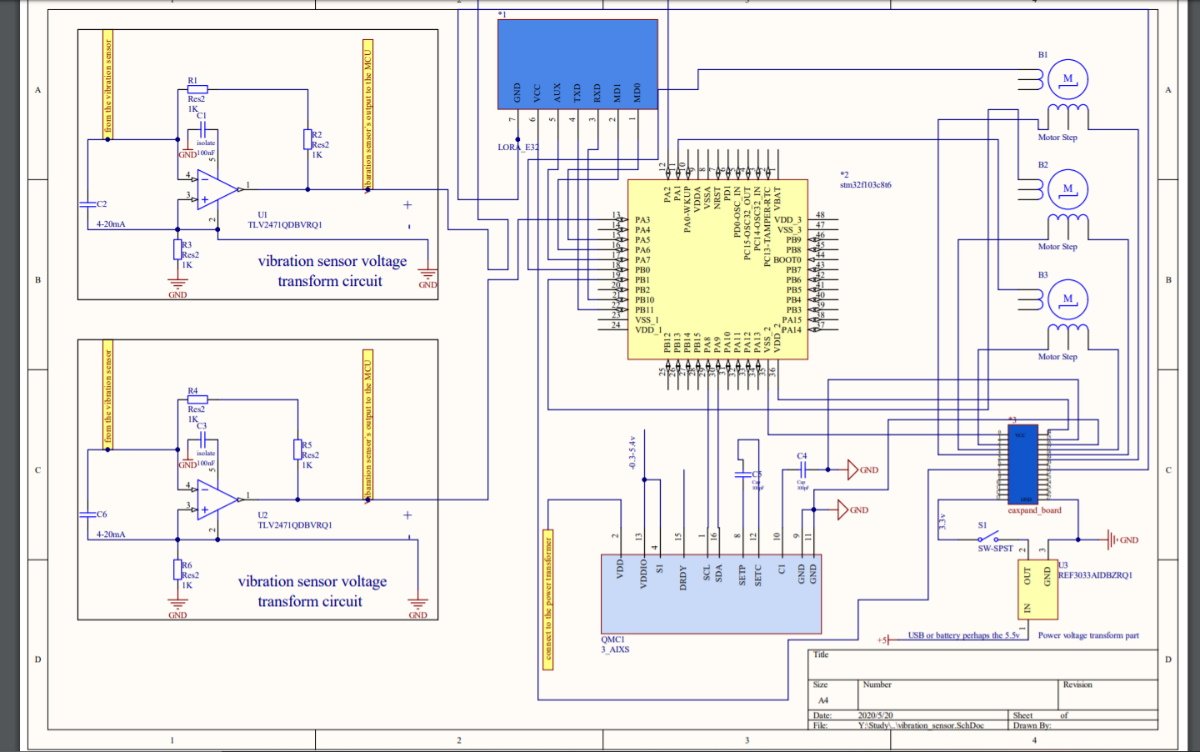
四、系统实现

4.1硬件电路设计

4.1.1整体电路

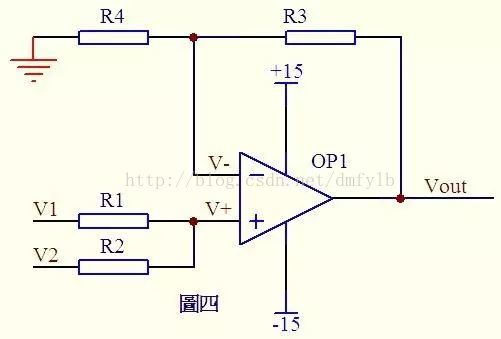
整体电路设计分为信号调理电路、转换电路、功率放大电路、连接电路等。其中转换电路、放大电路为使该系统各个不同正常工作电压的部分能够全部正常工作在同一供电系统之下而存在；信号调理电路主要为实现AD转换和各个部分接收合适大小的信号而存在。

电路的整体结构为：本地端以MCU为中心，控制各个传感器、通信模块为外设，以放大电路和信号调理电路作为信号处理中转；通信端以MCU为发射中心，控制通信模块为外设，并将接收到来自入侵检测系统的数据上传至中央端主机。



4.1.2电压放大电路

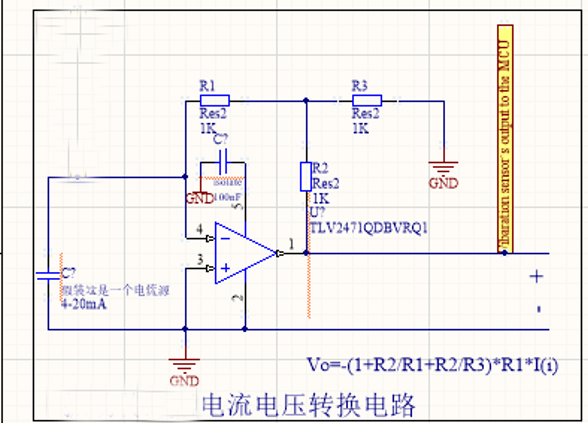
基本放大电路既可以放大交流信号，也可放大直流信号和变化非常缓慢的信号，且信号传输效率高，具有结构简单、便于集成化等优点，集成电路中多采用这种耦合方式。本系统中涉及到的电压放大、电压减小电路均由运算放大电路配合电路外围网络控制电路参数构成，系统选用的稳压模块中含有此种功能的集成电路。运算放大电路的基本原理图如图所示



因为虚断，运放同向端没有电流流过，则流过R1和R2的电流相等，同理流过R4和R3的电流也相等。故电路中存在的电压关系为：   由虚短知：   如果R1=R2，R3=R4，则由以上式子可以推导出 ,故可推出电路最终的输出为： 。

4.1.3电压电流转换电路

一些特殊的传感器，如磁传感器，并未是通过采集机械方式的改变而采集到外界环境中被测物体的性质、位置等信息的变化的，而是通过场的变化而进行采集外界环境中被测物体的信息的变化的。当使用这种传感器时，就要依照相关的场的变化的性质进行信号的采集，再转换成电信号进行测量。由基础物理学知识我们可以知道，磁场变化引起的较为明显的变化就是场中电流的变化，而选用的QMC5883L型传感器属于MR型传感器，正是依照这一场强度变化引起场中感生电流变化的原理制成的，故而该传感器输出的信号为电流信号。由模拟电子线路知识可知，在模拟电路中电流的变化极为不稳定且难以测得准确值、受到电路阻抗的影响较大。为了便于测量，输出信号应该由电流电压转换信号调理电路进行处理，以方便测量和下一步输入MCU中。因此我们采用了电流电压转换电路对该传感器输出的电流信号进行转换，设计的电流电压转换电路如下图所示：

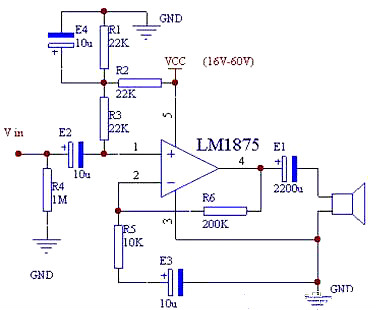


4.1.3功率放大电路

本系统选用的舵机的正常工作电压为5V，而本系统选用的STM32F103C8T6型单片机的工作电压为3.3Y，而除了连接舵机以外，该MCU还会连接许多外设，该系统带负载能力有限，无法驱动三个舵机，故而必须在舵机和单片机接口之间增加功率放大电路；本系统各个外设之间的关系均为并联，由基础物理学知识可知，并联电路的每一条支路都会分配电源输出的电流，因而必须采用功率放大电路对舵机支路中的电流进行放大，以驱动舵机，使之可以正常运转。

功率放大电路是一种以输出较大[功率](https://baike.baidu.com/item/%E5%8A%9F%E7%8E%87/808705)为目的的放大电路。它一般直接驱动[负载](https://baike.baidu.com/item/%E8%B4%9F%E8%BD%BD/906913)，带载能力强。功率放大电路通常作为多级放大电路的输出级。

功率放大电路之原理图如下图所示：



4.2软件代码设计

4.2.1算法陈述

位带操作

4.2.2核心代码

4.3 通信方式设计

4.3.1 串口通信

[串口](https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%B2%E5%8F%A3)通信的概念为：串口按位（bit）发送和接收字节。尽管传输速率较慢，低于并行通信的按字节传输模式，但串口可以实现使用一根线发送数据的同时，使用另一根线接收数据。串口通信实现较为简单且能够实现较远距离的通信。比如[IEEE](https://baike.baidu.com/item/IEEE)488定义并行通信状态时，规定设备线总长度不得超过20米，且任意两个设备间线的长度不得超过2米；而对于串口，设备线总长度可达1200米。例如，将串口用于[ASCII码](https://baike.baidu.com/item/ASCII%E7%A0%81)字符的传输。一般串口通信模式使用3根线完成，分别是地线、发送端、接收端。由于串口通信是异步进行的，使得端口可在一根线上发送数据的同时在另一根线上接收数据。故而其他线虽然用于总线握手，用以控制系统始终周期，却不是必须的。串口通信最重要的参数为[波特率](https://baike.baidu.com/item/%E6%B3%A2%E7%89%B9%E7%8E%87)、[数据位](https://baike.baidu.com/item/%E6%95%B0%E6%8D%AE%E4%BD%8D)、停止位和[奇偶校验](https://baike.baidu.com/item/%E5%A5%87%E5%81%B6%E6%A0%A1%E9%AA%8C)位。只有这些参数完全匹配，不同的端口之间才能顺利地进行通信。

[串行接口](https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%B2%E8%A1%8C%E6%8E%A5%E5%8F%A3/2909564)是一种可以将来自MCU的并行数据字符转换为连续的串行数据流发送出去，同时可将接收到的串行数据流转换为并行的数据字符发送给MCU的器件。一般完成这种串行并行数据转换和数据流收发功能的电路，可称之为串行接口电路。本系统选用的STM32F103C8T6型单片机中含有数个串行接口电路端口，称之为USART口，它们一般成对出现，分为接收端（USARTx/RXD）和发送端(USARTx/TXD),一般情况下与单片机的普通GPIO口集成在一起，通过软件命令对端口所连的寄存器进行操作，从而达到同端口多功能复用的目的。

串口通信是[单片机](http://www.elecfans.com/tags/%E5%8D%95%E7%89%87%E6%9C%BA/" \t "_blank)一个重要的部分，单片机和上位机PC端，多个单片机之间的通信也都主要采用串口通信方式。单片机的串行接口电路采用的是全双工异步串口通信方式。全双工通信方式的定义为：在同一时刻允许两个设备中的任何一个设备都可以同时进行数据的发送与数据的接收。通过TXD引脚发送输出，RXD引脚接收输入。串口传送数据按帧发送，它的工作方式多样化，同时也可以做并行I/O的扩展口。

（全双工通信图）

STM32系列单片机的通用同步异步收发器(USART)提供了一种灵活的方法与使用工业标准NRZ异步串行数据格式的外部设备之间可以进行全双工数据交换。USART利用分数波特率发生器产生范围较宽的不同波特率供用户选择。使用多缓冲器配置DMA的方式时，可以实现高速数据通信。同时STM32系列单片机还能实现CAN、IIC、SPI等低速通信方式。USART口输出 的为TTL电平，可以和本系统之间的外设直接进行数据交换。

USART总线功能概述：USART接口通过三个引脚（发送端、接收端、底线）与其他设备连接在一起。任何USART口进行双向通信至少需要两个引脚：接收数据输入(RX)和发送数据输出(TX)。

USART总线操作简单但结构较为复杂，其中含有多个内外部引脚和各类寄存器，具体如下图所示：



（USART总线寄存器结构图）

下面对USART接口电路工作模式进行简要的说明：

**引脚功能说明：**

其中TX引脚的功能为：发送数据输出。当发送器被禁止时，输出引脚恢复到普通的I/O端口配置，作为普通的GPIO口。当发送器被激活，并且不发送任何数据时，TX引脚处于高电平状态。而在单线和智能卡模式里，此GPIO口被同时用于实现数据的发送和接收功能。

RX引脚的功能为：接收数据输入。

SW\_RX：用于数据接收，只用于单线和智能卡模式，在MCU中属于内部引脚，没有具体外部输出引脚。

nRTS：请求以发送，即Request To Send，一般引脚默认高电平有效，n表示取非操作，则nRTS中的n表示低电平有效。如若使能 RTS 流控制，当USART总线中的接收器准备好接收新数据时，就会将 nRTS 电平拉低；当接收寄存器已满时，nRTS 电平将被拉高。该引脚只适用于硬件流控制，不能通过数据流进行控制，也就是直接控制硬件电路输出电平变化来控制数据的接收与发送。

nCTS：清除以发送，即Clear To Send，一般引脚默认高电平有效，n表示取非操作，则nCTS中的n表示低电平有效。如果使能 CTS 流控制，发送器在上一帧数据发送完毕之后，发送下一帧数据之前会重新检测一次 nCTS 引脚，如果为低电平，则表示可以进行数据发送；如果为高电平则在发送完当前帧数据之后停止发送。该引脚同样只适用于硬件流控制，不能通过数据流进行控制。

SCLK：发送器时钟输出引脚。由于仅有同步数据传输模式需要严格按照时序进行传输，异步数据传输主要依靠数据中包含的校验位进行判断，不需要严格依照顺序，故而这个引脚仅适用于同步通信模式，采用异步通信模式时无需开启。

**数据寄存器说明及相关使用设计**：

USART 数据寄存器(USART\_DR)只有低 9位有效，并且第 9 位数据是否有效要取决于USART 控制寄存器 1(USART\_CR1)的 M 位设置，当 M 位为 0 时表示 8位数据字长，当 M位为 1表示 9位数据字长，一般情况下使用 8位数据字长。STM32系列单片机除了可以直接操作寄存器外，还可以直接利用库函数进行控制。其中USART\_CR1利用头文件中的USART\_InitTypeDef. USART\_WordLength进行设置。

USART\_DR 包含了已发送的数据或者接收到的数据。USART\_DR 实际是包含了两个寄存器，一个专门用于发送数据的可写数发送寄存器TDR，一个专门用于接收数据的可读数据接收寄存器RDR。当进行发送操作时，向USART\_DR中写入数据，数据会自动存储在数据接收寄存器TDR中；当进行读取操作时，向 USART\_DR中读取数据，会自动提取数据接收寄存器RDR中的数据。而读写的范围则由其中的接收使能寄存器RXEN和发送使能寄存器TXEN进行控制，同样可以使用STM32系列单片机的寄存器标志位判断库函数USART\_GetFlagStatus (USART\_TypeDef\* USARTx, uint16\_t USART\_FLAG)进行控制。

TDR发送数据寄存器 和 RDR接收数据寄存器介于系统总线和移位寄存器之间，对从外界采集到的数据或来自MCU的数据进行暂存。串行通信的数据流一般是按位传输的，发送数据时将 TDR发送数据寄存器中的内容转移到发送移位寄存器中，然后将移位寄存器中的数据的每一位发送出去；在接收时，将接收到的每一位数据按顺序保存在接收移位寄存器中，然后再将接收到的数据转移到RDR接收数据寄存器。此部分在上位机的控制中没有特殊的陈述，仅作为数据缓冲区使用。

**3.控制器及相关使用设计**

USART串行接口电路内置有专门数据控制发送的数据发送器、控制数据接收的数据接收器，还有唤醒单元、中断控制等。

使用USART串行接口电路之前需要向寄存器USART\_CR1的UE位置1将USART使能，UE位用于开启供给串行接口的时钟。发送的或接收的数据字长可设置为8位或9位，由USART\_CR1的M位控制，除直接对寄存器进行操作外，还可以用库函数进行控制，寄存器USART\_CR1可以利用头文件中的USART\_InitTypeDef. USART\_WordLength进行设置。

1）发送器

将USART\_CR1寄存器的发送使能位TE置1，可启动数据发送功能，发送移位寄存器的数据会在TX口输出，低位先输出，高位后输出。使用同步模式时，SCLK口也输出时钟信号。本系统中对即时性的要求较大，因此不能耗费时间用于调整数据传输配合时钟节拍，故而一般情况下使用异步传输的通信方式。

一个字符帧的发送由三部分组成：起始位、数据帧、停止位。起始位是一个位周期的低电平，位周期就是每一位数据占用的时间 ；数据帧就是我们要发送的8或9位的数据，数据是按照由最低位到最高位的顺序开始传输的；停止位是一定时间周期的高电平。

设置停止位的时间长短可以通过USART控制寄存器2（USART\_CR2）的STOP[1:0]位进行控制，可选0.5个、1个、1.5个、2个停止位。STM32F103C8T6型单片机的系统默认使用1个停止位。使用2个停止位时适用于正常的USART模式、单线传输模式和调制解调器模式。0.5个和1.5个停止位用于智能卡模式。

当数据发送使能寄存器TE位置1之后，发送器开始会发送一个空闲帧（一个数据帧长度的高电平），接下来就可以往USART\_DR寄存器写入要发送的数据。在写入最后一个数据后，需等待USART状态寄存器（USART\_SR）的TC位为1，表示数据传输完成。USART\_CR1寄存器的TCIE位置1，则产生中断。

发送数据时，几个重要的标志位如下：

TE:发送使能控制位。

TXE:发送寄存器为空标志位，发送单个字节时使用。

TC:发送完成标志位，发送多个字节或字符串数据时候使用。

TXIE:发送完成中断使能控制位。

2）接收器

将CR1寄存器的RE位置1，将USART的接收功能使能，使得接收器在RX线开始搜索起始位的信号。在确定起始位后，就根据RX线的电平状态把数据存放在接收移位寄存器内。接收完成后就把接收移位寄存器中存储的数据移到PDR数据寄存器内，并把USART\_SR数据寄存器的RXNE位置位。将USART\_CR2寄存器的RXNE的IE位置1时可以产生中断信号。在接收数据时，几个重要的标志位如下：

RE: 接收使能标志位。

RXNE:读数据寄存器非空标志位。

RXNE\_IE:发送完成中断使能标志位。

本系统中的数据采集系统的外设，即STM32F103C8T6型单片机所连接的低功耗值守系统和MCU之间的通信使用了USART口进行通信。通过这种通信方式，该数据采集系统可以在不严格按照时钟周期的情况下进行值守操作，即实现随时接收连续变化信号的功能。通过算法的设计，设置一个含有标志位的循环体，可以实现接口每次接收或发送一个字节，传入MCU为一个八位字符串的操作。

在选用的E32系列QMC5883L型LORA芯片中，也可以使用USART口进行控制通信控制，进行数据流的收发。从而满足该系统高灵活性、高抗干扰性的要求。

4.3.2 IIC通信

I2C（Inter-IC）总线10多年前由Philips公司推出，是近年来在微电子通信控制领域广泛采用的一种新型总线标准。它是同步通信的一种特殊形式，具有接口线少，控制方式简化，器件封装形式小，通信速率较高等优点。在主从通信中，可以有多个I2C总线外设器件同时接到I2C总线上，可以通过地址来识别通信对象。

（1）概述

I2C(Inter-Integrated Circuit BUS) 集成电路总线，该总线由NXP（原PHILIPS）公司设计，多用于主控制器和从器件间的主从通信，在小数据量场合使用，传输距离短，任意时刻只能有一个主机等特性。

IIC和SPI接口经常被认为指定是一种硬件设备，但其实这样的说法是不尽准确的，严格的说他们都是人们所定义的软硬结合体，分为物理层（四线结构）和协议层（主机，从机，时钟极性，时钟相位）。

IIC，SPI的区别不仅在与物理层，IIC比SPI有着一套更为复杂的协议层定义。下面来分别说明一下IIC的物理层和协议层。

（２）IIC的物理层

a．只要求两条总线线路，一条是串行数据线SDA，一条是串行时钟线SCL。（IIC是半双工，而不是全双工）。

b.每个连接到总线的器件都可以通过唯一的地址和其它器件通信，主机/从机角色和地址可配置，主机可以作为主机发送器和主机接收器。

c.IIC是真正的多主机总线，（而这个SPI在每次通信前都需要把主机定死，而IIC可以在通讯过程中，改变主机），如果两个或更多的主机同时请求总线，可以通过冲突检测和仲裁防止总线数据被破坏。

d.传输速率在标准模式下可以达到100kb/s,快速模式下可以达到400kb/s。

e.连接到总线的IC数量只是受到总线的最大负载电容400pf限制。

本系统中使用的QMC5883L型传感器最重要的两个接口就是SCL接口和SDA接口。IIC作为一种低速通信的方式，且连接的磁传感器并不是实时值守，于是时钟节拍显得尤为重要；除了接收启动信号外，只需要接收来自磁传感器的数据，因此半双工通信模式十分合适，可以提高数据地传输效率，并最大限度地节省MCU资源和电源供应。IIC总线可以依照地址分配挂载数个外设，每个外设具有唯一地址，无需担心信号传输过程被干扰或被截取，具有高度隐蔽性和防侵害性。在低速通信方式中，IIC通信模式又可以通过模式控制达到较快地通信速率，可以满足该入侵检测系统地即时性以及给后置开启系统较小地延迟。

。

STM32F103C8T6型单片机支持IIC通信，因此设置有四个TIM口供给使用IIC通信方式，此款MCU置有IIC端口，因此在该最小系统版上已经集成了IIC接口电路，使用IIC通信方式可以通过连接SDA和SCL接口，并配合上位机程序进行控制。

一个典型的IIC接口如下图（1）所示



3）IIC的协议层

IIC的协议层才是掌握IIC的关键。现在简单概括如下：

a.数据的有效性

在时钟的高电平周期内，SDA线上的数据必须保持稳定，数据线仅可以在时钟SCL为低电平时改变。

如图（2）所示：



b.起始和结束条件

起始条件：当SCL为高电平的时候，SDA线上由高到低的跳变被定义为起始条件，结束条件：当SCL为高电平的时候，SDA线上由低到高的跳变被定义为停止条件，要注意起始和终止信号都是由主机发出的，连接到I2C总线上的器件，若具有I2C总线的硬件接口，则很容易检测到起始和终止信号。总线在起始条件之后，视为忙状态，在停止条件之后被视为空闲状态，对起始条件和结束条件的描述如下图（3）所示。



c.应答

每当主机向从机发送完一个字节的数据，主机总是需要等待从机给出一个应答信号，以确认从机是否成功接收到了数据，从机应答主机所需要的时钟仍是主机提供的，应答出现在每一次主机完成8个数据位传输后紧跟着的时钟周期，低电平0表示应答，1表示非应答，如图（4）所示。



d.数据帧格式

I2C总线上传送的数据信号是广义的，既包括地址信号，又包括真正的数据信号。

在起始信号后必须传送一个从机的地址（7位），第8位是数据的传送方向位（R/T），用“0”表示主机发送数据（T），“1”表示主机接收数据（R）。{这里小编在驱动MPU6050模块的时候，就犯过这样的错误，它写的MPU6050从机地址是0x68,因为发送从机地址的时候，要加一位读写方向位，因为刚开始应该是向这个MPU6050里写从机里某个寄存器的地址，所以应该是7位地址   0x68(1101000)+二进制位0=11010000）也就是0xD0,表示要向该IIC设备里写东西，然后再紧接着写入IIC设备里的寄存器地址，而我直接写入了0x68,导致出错}，每次数据传送总是由主机产生的终止信号结束。但是，若主机希望继续占用总线进行新的数据传送，则可以不产生终止信号，马上再次发出起始信号对另一从机进行寻址。

在总线的一次数据传输过程中，可以有以下几种组合方式：

[1]

主机向从机发送数据，数据传送方向在整个传送过程中不变：

https://img-blog.csdn.net/20150908151520584?watermark/2/text/aHR0cDovL2Jsb2cuY3Nkbi5uZXQv/font/5a6L5L2T/fontsize/400/fill/I0JBQkFCMA==/dissolve/70/gravity/Center

注：有阴影部分表示数据由主机向从机传送，无阴影部分则表示数据由从机向主机传送。

    A表示应答(低电平)， A非表示非应答（高电平）。S表示起始信号，P表示终止信号。

[2]主机在第一个字节后，立即从从机读数据:

https://img-blog.csdn.net/20150908151718332?watermark/2/text/aHR0cDovL2Jsb2cuY3Nkbi5uZXQv/font/5a6L5L2T/fontsize/400/fill/I0JBQkFCMA==/dissolve/70/gravity/Center

[3]在传送过程中，当需要改变传送方向时，起始信号和从机地址都被重复产生一次，但两次读/写方向位正好反相：



e.IIC信号的模拟

主机可以采用不带I2C总线接口的单片机，如80C51、AT89C2051等单片机，利用软件实现I2C总线的数据传送，即软件与硬件结合的信号模拟。即使是含有IIC硬件的单片机（如stm32 103系列）也有一定的缺陷，所以一般也会模拟IIC的时序。现将具体时间截图如下：



/\*

五、系统仿真及验证

5.1振动信号接收

5.2通信系统验证

5.3信号仿真处理

\*/

六、总结

6.1设计之处

6.1不足之处