名称：智能振动节点（涡流探头版）

型号：XG 9900

1. 系统目标：

① 采集空压机振动变送器上的振动信号；

② 通过嵌入式系统实现FFT傅立叶变换；  
③ 通过移动网络上传至云端；  
④ 通过浏览器页面或移动APP查看分析数据。

1. 整个系统初步分为三大块：
2. 信号采集  
   A1 信号隔离；A3 信号放大； A5 信号滤波； A7 模数转换；A9 多路选择切换
3. 边缘计算和通讯
4. 云端数据存储、处理、显示
5. 信号采集

传感器为GE本特利内华达的涡流探头。涡流信号通过接线接入GE本特利内华达990振动变送器。990振动变送器上，模拟信号经过“隔离”拾取。再经过滤波、放大信号调理，通过ARM微处理器控制放大器的增益和滤波器的截止频率。经过A/D转换器转换。数据传输是将数据上传至上位机。

1. GE本特利内华达990振动变送器规格

|  |  |
| --- | --- |
| 输入 | 接受1个非接触式3300 NSv接近探头和延长电缆 |
| 功率 | 发送器端子需要+12至+35 Vdc输入 |
| 信号输出 | 4-20毫安 |
| 循环精度 | 在规定的满量程范围内±1.5％以内 |
| 探针差距 | 探头必须与目标距离在0.5到1.75毫米之间，以确保满量程范围 |
| 大回路电阻 | 1,000Ω，包括35 Vdc的电缆 |
| 限流 | 典型值为23 mA |
|  |  |
| 输出阻抗 | Prox Out有一个10kΩ输出阻抗，用于10MΩ负载校准 |
| Prox Out线性范围 | 1.4毫米。距目标表面大约0.25毫米处开始 |
| Prox Out增量比例因子 | 7.87mV/μm（200 mV/ mil）±6.5％典型值，包括使用平坦的30 mm目标在线性范围内以0.25 mm的增量测量的互换性误差。坏情况7.87 mV/μm±10％。 |
| 典型噪声水平 | 50 mV/ pp |
| 温度稳定性 | 在0°C至+70°C范围内，增量比例因子保持在7.87 mV/μm的±10％范围内 |
| 频率响应 | 5 Hz至6,000 Hz+0，-3 dB |
| 小目标尺寸 | 直径9.5毫米 |
| 导线长度 | 前置器传感器输出（BNC连接器）的大值，大电缆距离为3米 |

1. 信号的量值范围

现场测试，振动位移峰峰值读数通常10µm（0.4mil）左右；超过21.6µm（0.85mil）报警；超过25.4µm（1.0mil）停机。

振动变送器标明的比例因子为7.87 mV /µm（200 mV / mil），即使在最大的情况下大概200mV的变化，考虑对称性，会是在±100mV左右。

所以考虑，信号量值范围在±250mV的隔离放大。

1. A1信号隔离

990振动变送器的“PROX OUT”和BNC接头，实际是同一个信号源的两种不同接口模拟信号输出。

模拟信号输出提供了非隔离动态传感器信号，可以进行机械诊断分析。可以直接连接电池供电设备，或带隔离的测试设备。

由于“PROX OUT”/ BNC接头的信号没有和4~20毫安的信号隔离，为避免对停机保护系统的产生干扰，必须对模拟信号进行隔离。

1. A3 信号放大

信号的放大，需要考虑模数转换的参数，将±250mV放大至相应量值。

1. A5 信号滤波

信号的滤波。涡流探头的频响至6000赫兹。所以，需要考虑6000赫兹的低通滤波。

同时，需要考虑5赫兹左右的高通滤波。

考虑到成本因素，如果高通滤波代价大的话，可以后期利用数字滤波实现。

1. A7 模数转换

考虑12位或16位模数转换。单个数据2bytes

采集频率=6000\*2.56=15360。每秒采集大概30k bytes的数据。

考虑量程的自动调整。

如果精度要求能够满足，可以考虑使用MCU自带的模数转换。

考虑下一步可能两路或多路同时采集，最好模数转换方案有同系列的多路同步采集解决方案。

1. A9 多路选择切换

首先，调试单个振动变送器的信号采集。

由于常见的离心空压机，一般为三级压缩，会配置三个振动变送器。需要考虑三路的切换。具体切换，安排在隔离前、隔离后、或模数转换前，需要详细讨论。

1. 边缘计算和通讯

边缘计算，考虑设置以下几种采集模式。

模式一：参数形式，1张Modbus表，每10秒发送一次；设备运行时，自动采集。

模式二：4096点FFT谱，10k数据；考虑采集三个振动变送器的数据，外加时域波形，总体60k左右；小时级别的（每小时，每两小时，每4小时）；设备运行时，自动采集。

模式三：原始数据单次数据在300k左右，天级别的（每半天，每天，每三天，每周），或上位系统要求时实施。

通讯，采用MODBUS模式或FTP模式，或混用？

1. 云端数据存储、处理、显示

数据库？

处理，根据FFT谱和原始数据，进行频谱参数化。

由于项目需要，简单看来下时序数据库：

时序数据库是针对大量数据写入、主要用于记录时序数据的，使用于监控记录的场景；写多读少场景；

什么是时序数据。时序数据是基于时间的一系列的数据。在有时间的坐标中将这些数据点连成线，往过去看可以做成多纬度报表，揭示其趋势性、规律性、异常性;往未来看可以做大数据分析，机器学习，实现预测和预警。

时序数据库就是存放时序数据的数据库，并且需要支持时序数据的快速写入、持久化、多纬度的聚合查询等基本功能。

对比传统数据库仅仅记录了数据的当前值，时序数据库则记录了所有的历史数据。同时时序数据的查询也总是会带上时间作为过滤条件

资源交换档案标准（Resource Interchange File Format） (RIFF) 是一种把资料储存在被标记的区块（tagged chunks）中的档案格式(meta-format)。它是在1991年时，由 Microsoft 和 IBM提出。它是Electronic Arts在1985提出的 Interchange File Format的翻版。这两种标准的唯一不同处是在多位元整数的储存方式。 RIFF使用的是 小端序，这是 IBM PC 使用的处理器80x86 所使用的格式，而IFF储存整数的方式是使用大端序，这是 Amiga 和 Apple Macintosh 电脑使用的处理器，68k，可处理的整数型态。

1. 信号采集（开发板）硬件设计

相关流程文件：

硬件需求分析报告，包括技术风险评估

硬件开发计划

硬件测试计划

硬件详细设计说明书

硬件电路原理图

硬件BOM

元器件规格书，包括备选和替代

硬件设计内部评审记录

硬件PCB电路图

装配图

硬件单元调试分析报告

总装报告

硬件系统测试分析报告

硬件评审验证报告

发布版本

专利申请报告

专利申请流程

分阶段目标：

a. 可行性研究

b. 测试版本验证，联合调试

c. 正式版本

d. 专利申请

1. 边缘计算和通讯主板软件设计

相关流程文件：

软件需求规格书

软件开发计划

软件测试计划

软件件详细设计说明书

软件接口设计说明书

软件设计内部评审记录

单元源代码

单元调试报告

单元测试

单元测试分析报告

集成后的软件及源代码

软件集成调试报告

系统测试软件

系统测试用软件文档

软件系统测试分析报告

软件评审验证报告

发布版本

软件著作权申请报告

软件著作权申请流程

分阶段目标：

a. 可行性研究

b. 测试版本验证，联合调试

c. 正式版本

d. 软件著作权申请

1. 硬件和软件总体目标

主要是采集硬件设计制作、MCU选型、边缘计算编程、数据通讯上传

实现OTA

在信号处理中，窗函数(window function)是一种除在给定区间之外取值均为0的实函数。

Hann窗



Hann窗有时也称为 "Hanning" 窗（“汉宁窗”），以与 Hamming 窗的名称类似。但是这是不对的，因为这两个窗是分别根据 Julius von Hann 和 Richard Hamming 的名字命名的。

Hann窗又称升余弦窗。Hann窗可以看作是3个矩形时间窗的频谱之和，或者说是 3个 sinc(t) 型函数之和，而括号中的两项相对于第一个谱窗向左、右各移动了π/T，从而使旁瓣互相抵消，消去高频干扰和漏能。

从减小泄漏观点出发，Hann窗优于矩形窗。但Hann窗主瓣加宽，相当于分析带宽加宽，频率分辨力下降。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 窗的类型 | 幅值校正因子 | 能量校正因子 |
| 矩形窗 | 1 | 1 |
| 汉宁窗 | 2 | 1.63 |
| 布莱克曼窗 | 2.80 | 1.97 |
| 凯赛窗 | 2.49 | 1.86 |
| 哈明窗 | 1.85 | 1.59 |
| 平顶窗 | 4.18 | 2.26 |

“巴特沃斯响应”带通滤波器具有平坦的响应特性，而“切比雪夫响应”带通滤波器却具有更陡的衰减特性。所以具体选用何种特性，需要根据电路或系统的具体要求而定。但是，“切比雪夫响应”滤波器对于元件的变化最不敏感，而且兼具良好的选择性与很好的驻波特性（位于通带的中部），所以在一般的应用中，推荐使用“切比雪夫响应”滤波器。