

多频点合成模拟信号数据传输系统

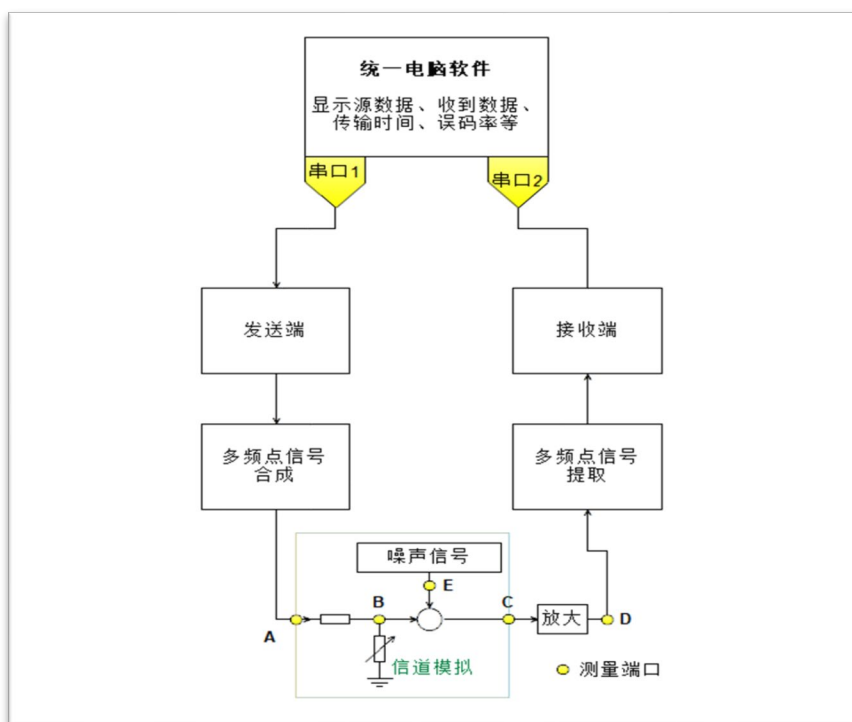
要求：

实现一个用 4~20kHz 频带内的多频点（ ≥ 4 ，频点频率及频点个数均可选，但频率需为 kHz 的整数倍）合成模拟信号进行数字比特流传输的系统，要求能实现 32 比特或 32 比特整数倍（最多不超过 $32 \times 5 = 160$ 比特）的二进制数据传输，指标有总传输比特数、传输时间、误码率、信道衰减倍数、信噪比等。

MCU、FPGA 开发板自备，基地仅提供常规器件（接插件、电阻、电容、电位器）以及如下运放芯片：LM324、OP07、OP27、OP37。

不允许使用其他器件。

系统框图：



原理：

多频点信号指多个单频正弦信号的合成（合成后的信号电压峰峰值在 3~5V 之间），其中每个正弦信号会乘上一个系数，而这个系数由待传输数据的一个比特决定：

比如我们选择 5kHz、6kHz、7kHz、8kHz 这 4 频点进行传输，要传输的数据为 b'1001 的话，则应把一个 5kHz 正弦波和 8kHz 正弦波合成，6kHz 和 7kHz 信号由于乘上的系数是 0 而不参与合成（当然系数也可以不是 0 和 1，只要有区分即可）。

具体流程如下：

1. 电脑产生一个可指定比特总数（32 的倍数）的数据流，此数据流通过串口以 9600/8 位/无校验/1 停止位的格式发送给**发送端**。

2. **发送端**根据所选的频点数量进行数据流切割，比如每次 4 比特。然后以此数据的各比特值决定各频点信号的叠加合成，完成叠加（最终峰峰值范围 3~5V）后通过**模拟信道**传输。
3. **模拟信道**用分压电阻对信号进行适当的衰减，而后叠加一定峰峰值的噪声信号。
4. **接收端**对衰减加噪后的信号进行放大，然后检测各频点信号的特征有无来确定接收到的是何数据。
5. **接收端**把检测出来的数据合并成比特流以后通过串口以 9600/8 位/无校验/1 停止位的格式上传至电脑软件，由电脑软件进行比对统计。要求上传的比特数应该和**发送端**收到的比特数相同。如果位数不同将使误码率指标直接为 100%。
6. 提示：由于数据传输是异步的，必须要有手段来确定传输的开始，比如在不传输数据时发送特定频率的单频信号等。

要求：

1. 基础要求：
在不进行信道衰减和噪声叠加的情况下完成系统功能。
2. 拓展要求：
在一定的信道衰减和噪声叠加后完成系统功能。注意以降低误码率为最终目的的前提下有取舍地提高衰减倍数和叠加噪声强度。

指标：

1. 总传输比特数
指电脑软件下行的数据位数量，为 32 的整数倍，不超过 160。数量越大越好。但需要兼顾误码率。总传输比特数不会乘上后面为了统计传输时间而多次执行的次数。
2. 传输时间
指从**发送端**开始发送数据开始到**接收端**得到接收数据的时间差。发送数据由统一的电脑软件通过串口下发给**发送端**，**发送端**把数据用多频点合成信号传输至**接收端**，**接收端**再把解码的数据通过串口上行至电脑软件，这一过程持续多次（10~20 次，允许同学自定义间隔时间，但每次不得超过 40 秒）。电脑软件自动统计每比特传输时间，计算公式如下：
$$(\text{总传输时间} - \text{串口传输时间估计}) / \text{传输比特数}$$

结果时间单位为微秒。其中串口传输时间估计采用两个 CH340 串口模块直连状态（TX-RX、RX-TX、GND-GND）下多次通信（10~20 次）平均得到。
上面串口传输时间的统计计算和系统传输时间的统计计算均会从多次传输测试中去除一个最好结果和一个最差结果然后再统计。
3. 误码率
直接从接收到数据和原始数据比对产生，比对由统一电脑软件计算得到。结果为百分比值。如果下行的比特数和上行的比特数不同，则误码率直接为 100%。接收数据有一个最大等待时间的设置，其值最大不超过 30 秒。若在接收到足够的数据后串口再次收到多余的数据，也会导致误码率直接为 100%。
4. 信道衰减
由电阻分压导致，通过 A 点的电压峰峰值和 B 点的电压峰峰值计算得到。单位 dB。
5. 信噪比
通过衰减后的信号 B 点电压峰峰值和叠加的噪声 E 点电压峰峰值计算得到。单位 dB。

说明：

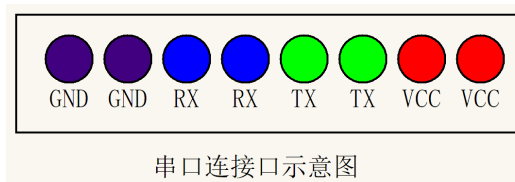
1) 电脑软件统一提供，不需要同学开发。

2) 电脑串口均采用 CH340 USB 串口转换器输出，信号为 TTL 电平。波特率为 9600，数据位为 8 比特，无校验位，一个停止位。串口传输时间由此大致估算为：

$$T = (\text{总传输比特数} * 10 / 8) * 1000000 / 9600 \quad \text{单位：微秒}$$

评测时用 CH340 直连然后进行多次通信（电脑软件自动执行）然后取平均的方法获知串口传输时间，应略大于上面公式计算值。

3) CH340USB 串口和系统的两个接口（1 收 1 发）连接按下图设计，方便用杜邦线直接短接两个 CH340 的 TX 和 RX：



4) 测算串口传输时间和系统传输时间时，电脑自动给出随机的比特数据。

5) 频点数不小于 4 频点，必须为 kHz 的整数倍。在传输效率、传输稳定性、模数转换速率及存储容量等性能指标之间取舍。

6) 串口传输时间和系统传输时间统计时的实际执行次数由评测老师决定(10~20 次)。

7) 执行串口传输时间测算和系统传输时间测算时，两者的传输比特数应相同。

8) 噪声信号由基地信号发生器生成，为随机白噪声，输出阻抗 50 欧。噪声和衰减后的信号直接连接叠加，不得使用运放电路叠加。信噪比由 B 点信号峰峰值和 E 点信号峰峰值计算得出，测量时分离 B、E 两点。信道衰减测量时分离 E 点，即不叠加噪声。

9) A 点信号峰峰值为 3~5V。

10) 各指标计分比重（客观指标分共 80 分；设计报告满分 20 分，详见末页评分标准参考）：

(1)、客观指标分-基础要求部分：30 分

- a) 总比特数：7.5 分
- b) 误码率：15 分
- c) 传输时间：7.5 分

(2)、客观指标分-拓展要求部分：50 分

- a) 总比特数：7.5 分
- b) 误码率：15 分
- c) 传输时间：7.5 分
- d) 信道衰减：7.5 分
- e) 信噪比：7.5 分
- f) 其他：5 分

注：各指标具体得分标准由评测专家根据实际情况决定。

11) 评测时专家会观察 A/B 点信号及其频谱，若发现不符合多频点传输原理，则会导致客观指标分直接为零分。若仅仅频点不符合要求：超出范围，客观指标分直接为零分；频点不是 kHz 的整数倍，客观指标分打 7 折；频点数少于 4 个，客观指标分打折，乘上系数=10-(4-频点数)*2/10。频点检查采用示波器的 Hanning 窗 FFT 功能，要求频点所在的信号幅值 dB 值高于非频点所在频率信号幅值 5dB 以上。

12) A、B、C、D、E 各点应能方便地分离用于测量。

设计报告评分标准参考

项 目	主要内容	满分
方案论证	比较与选择，方案描述。	3
理论分析与计算	系统相关参数设计。	5
电路与程序设计	系统组成，原理框图与各部分电路图，系统软件与流程图。	5
测试方案与测试结果	测试结果完整性，测试结果分析。	5
设计报告结构及规范性	摘要，正文结构规范，图表的完整与准确性。	2
总分		20