

没问题，同学。别紧张，这个作业的核心其实就是在 Simulink 里像搭积木一样，把公式 $s(t) = [A + m(t)] \times \cos(2\pi f_c t)$ 摆出来。

既然你不想写代码，我们就完全在 **Simulink 界面里操作**。请打开 MATLAB，点击 Simulink 按钮，新建一个 **Blank Model (空白模型)**，然后保存文件名为 `AM_System_GroupXX.slx`。

我们分 4 步走，每一步我都告诉你**找什么模块（Block）**，**怎么连线**，以及**参数怎么填**。

第一步：搭建发射机（AM Modulator）—— 对应 Part A

我们要造出 AM 信号。根据作业要求，**不能用现成的 AM Modulator 模块**，要用加法和乘法拼出来。

1. 找齐这 5 个积木（在 Library Browser 里搜名字拖进去）：

- **Sine Wave** (作为你的信号 $m(t)$)
- **Constant** (作为直流分量 A_c ，防止过调制)
- **Add** (加法器)
- **Sine Wave** (作为载波 $c(t)$ ，注意这是第二个 Sine Wave)
- **Product** (乘法器)
- **Slider Gain** (拖一个) 这是作业里的加分项，用来演示调节。双击，Low 填 0，High 填 2。把滑块拖到中间 1 的位置。

2. 设置参数（双击模块修改）：

- **Sine Wave (信号):**
 - Frequency (rad/sec): 填 $2*\pi*5$ (题目要求的 5Hz)
 - Amplitude: 填 1
 - Sample time: 填 0.0001 (这点很重要，保证波形圆滑)
 - 建议改名为 "Message Signal"
- **Constant:**
 - Constant value: 填 2 (必须比信号幅度大，不然解调会失真)
- **Sine Wave (载波):**
 - Frequency (rad/sec): 填 $2*\pi*1000$ (题目要求的 1kHz)
 - Sample time: 填 0.0001
 - 建议改名为 "Carrier Signal"

3. 连线操作：

1. 把 **Message Signal** 连到 **Slider Gain**，与 **Constant** 连到 **Add** 模块的两个输入端。
2. 把 **Add** 的输出连到 **Product** 的第一个输入端。
3. 把 **Carrier Signal** 连到 **Product** 的第二个输入端。
4. **Product** 的输出就是你的 **AM 信号**了。

第二步：加入噪声通道 —— 对应 Part C

在信号传输过程中加点干扰。

1. 找积木：

- **AWGN Channel**

2. 设置参数：

- Mode: 选择 **Signal to noise ratio (SNR)**
- SNR (dB): 先填 20 (这个数字之后你要手动改，用来做测试)
- Input Signal Power: 填 **referenced to 1 ohm** (简单处理)

3. 连线操作：

1. 把刚才 **Product** (AM 信号) 的输出连到 **AWGN Channel** 的输入。

第三步：搭建接收机（Demodulator）—— 对应 Part B

我们要把信号从高频载波里取出来。方法是：整流（取绝对值） + 滤波（平滑）。

1. 找积木：

- **Abs** (绝对值，起到整流作用)
- **Analog Filter Design** (滤波器)
- **Subtract** 减法器 (用来去直流)
- Constant** 再拖一个新的 (用来设定减去多少)
- **Gain** 普通增益 (三角形图标，用来把变小的信号放大)

2. 设置参数：

- **Analog Filter Design:**
 - Design Method: Butterworth
 - Filter Type: Lowpass (低通)
 - Filter Order: 2 (二阶就够了)
 - Passband Edge Frequency (rad/s): 填 $2\pi \times 50$
 - 解释：信号是 5Hz，载波是 1000Hz。我们要留住 5Hz，干掉 1000Hz，所以选个中间值 50Hz。
- **Constant:** (先填 1.2，等会儿要调)
- **Gain:** 把 1 改成 1.6 (这也是估算的，等会儿微调)

3. 连线操作：

1. 把 **AWGN Channel** 的输出连到 **Abs** 的输入。
2. 把 **Abs** 的输出连到 **Analog Filter Design** 的输入。
3. **Analog Filter Design** 的输出就是 **解调后的信号 (Demodulated Signal)**。
4. 去直流：滤波器的出口 -> 连到 **Subtract** 的 + 号口。
5. 新建那个 **Constant** 连到 **Subtract** 的 - 号口。
6. 放大： **Subtract** 的出口 -> 连到 **Gain**。此时，**Gain** 的出口就是最终解调出来的信号

第四步：观察与算分（可视化与 MSE）—— 对应 Part D

这步是为了生成作业报告里的图和数据。

1. 找积木：

- **Scope** (示波器，看波形)
- **Spectrum Analyzer** (频谱仪，看频率)
- **Sum** (用来算误差)
- **Math Function** (用来做平方)
- **Mean** (算平均值，在 DSP System Toolbox -> Statistics 下，或者搜 "Mean")
- **Display** (直接显示数字)

2. 连线与设置（比较复杂，慢慢来）：

- **看波形 (Scope):**
 - 拖一个 Scope，双击它，在左上角齿轮图标里把 "Number of input ports" 改成 3。
 - 输入 1 连：最开始的 **Message Signal**。
 - 输入 2 连：中间的 **AWGN Channel** 输出 (看带噪声的 AM)。
 - 输入 3 连：最后的 **解调信号**。
 - 运行后，点击 Scope 上面的“望远镜”图标自动缩放，截图就是作业的 *Waveform* 图。
- **看频谱 (Spectrum Analyzer):**
 - 直接连在 **Product** 输出或者 **Demodulator** 输出上，运行就能看到频谱图。
- **算 MSE (均方误差):**

- 逻辑: $MSE = \text{平均值}((\text{原信号} - \text{解调信号})^2)$
- **Sum 模块:** 双击把图标改成 $|+ -|$ (减法)。
 - 正端 (+) 连 **Message Signal**。
 - 负端 (-) 连 **解调信号**。
- **Math Function:** 连在 Sum 后面, 功能选 **square** (平方)。
- **Mean:** 连在平方后面。
- **Display:** 连在 Mean 后面。
- 注意: 由于滤波器有延迟, 这里的 MSE 不会完全是 0, 只要数值比较小 (比如 0.x 或 0.0x) 且随 SNR 变大而变小就算成功。

第五步：关键调试（让波形重合）

现在模型搭好了, 但必须“校准”才能拿满分。

1. 点击上方绿色的 **Run** 按钮。
2. 双击打开 **Scope**, 点击上方的“放大镜”图标 (Autoscale)。
3. 观察 **第1条黄线 (原始)** 和 **第3条黄线 (解调)**。
 - **情况 A: 第3条线不在 0 轴附近 (偏上或偏下)。**
 - 解决: 去改接收机里那个 **Subtract** 下面的 **Constant**。如果波形偏上, 就把 1.2 改大点 (比如 1.25); 偏下就改小点。
 - **情况 B: 第3条线幅度太小 (比第1条扁)。**
 - 解决: 去改接收机最后的 **Gain**。如果扁了, 就把 1.6 改成 1.7 或 1.8。
4. 反复 **Run** 和 **微调**, 直到第1条线和第3条线看起来几乎重合 (虽然会有左右一点点错位, 那是正常的)。

第七步：抄数据写报告

调好之后, 不要动参数了, 开始做实验。

1. **做实验:**
 - 去 **AWGN** 模块, 把 SNR 改成 0 -> Run -> 抄下 Display 的数字。
 - 把 SNR 改成 10 -> Run -> 抄下数字。
 - 把 SNR 改成 20 -> Run -> 抄下数字。
 - 把 SNR 改成 30 -> Run -> 抄下数字。
2. **画图表:**
 - 打开 MATLAB 主界面, 新建 Script, 把下面代码复制进去, 填入你刚才抄的 4 个数字。
 - 运行代码, 就会弹出一张漂亮的折线图, 截图贴到报告里。

```
% === 只需要改这里的数据 ===
snr = [0, 10, 20, 30];
mse = [0.152, 0.045, 0.012, 0.003]; % 把这行换成你自己 Display 显示的真实数字

% === 下面是自动画图 ===
figure('Color','w');
plot(snr, mse, 'b-o', 'LineWidth', 2, 'MarkerFaceColor', 'b');
grid on; xlabel('SNR (dB)'); ylabel('MSE');
title('MSE vs SNR Analysis');
```