

传输线模拟信号失真分析及修正算法设计

张益博
物理学院

什么是传输线？

传输线

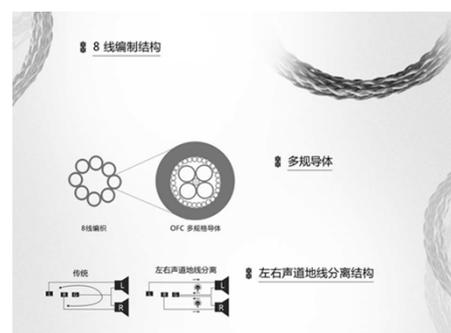
- 一种特殊设计的专用电缆（双绞线，同轴电缆等）
- 用于传输交变电流，减少失真



Sony MUC-B20BL1 Balance Cable



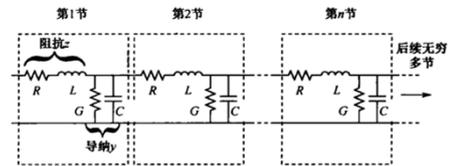
RMB 1,499



信号失真的原因

- 1. 导体传输方向本身具有电阻
- 2. 导体间由于微小漏电导致导体间有电导
- 3. 导体间存在电容
- 4. 导体存在电感
- 5. 传输高频信号时产生趋肤效应
- 6. 导体表面粗糙效应
- 7. 靠近的导体间存在临近效应
- 8. 包裹导体的材料存在电介质效应

对传输线建模

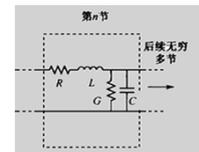


模型的假设

- 1. 各个小结间互不干扰。
- 2. 两导体截面均匀
- 3. 导体截面尺度远小于传输波波长
- 4. 导体长度远大于两导体间距
- 5. 电流分布符合基尔霍夫定律

对模型的直觉感受

- 对信号失真与频率有关
- 电阻特性导致幅度衰减
- 电容电感特性导致相位变化
- 传输线越长，失真越厉害



运用模型进行计算

- 衰减因子：

$$H_{tot} = e^{-l\sqrt{(j\omega L+R)(j\omega C+G)}}$$

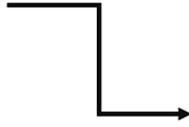
- 对单一频率的输入信号：

$$v_{output} = v_{input} H_{tot}$$

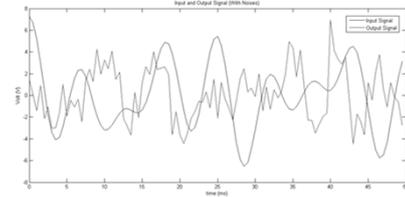
修正算法的思路

1. 通过输入不同频率的单频率波信号，测量传输线对不同频率的响应，通过拟合找出衰减因子与频率的关系
2. 傅里叶变换分离出频谱，对输出信号去噪
3. 对各个成分除以衰减因子

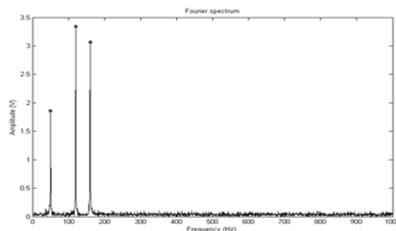
假设有一根质量很不好的传输线



运用计算结果模拟一根质量不好的线

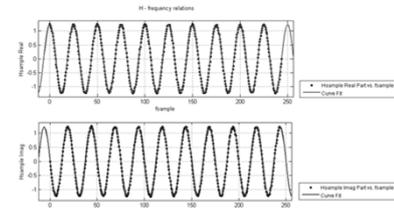


将输出信号转为频谱图

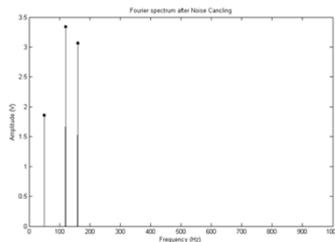


找出衰减因子与输入频率的关系

- 输入单频率波，测量输出信号，拟合衰减因子H与频率的函数关系



对输出信号去噪

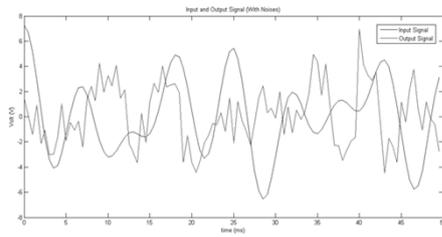


运用拟合的结果修正输出信号

- 对各个分离出的频率计算：

$$v_{rectified}^{(i)} = \frac{v_{output(after\ NC)}^{(i)}}{H_{fitted}}$$

得到修复后的结果



不能做到完全还原的原因

- 采样数字化时造成的信息损失
- 噪声带来的影响
- 拟合函数带来的偏差

结语

- 由于时间精力有限，校正算法还需要更多细致的检验以及可能的优化。

Thanks !