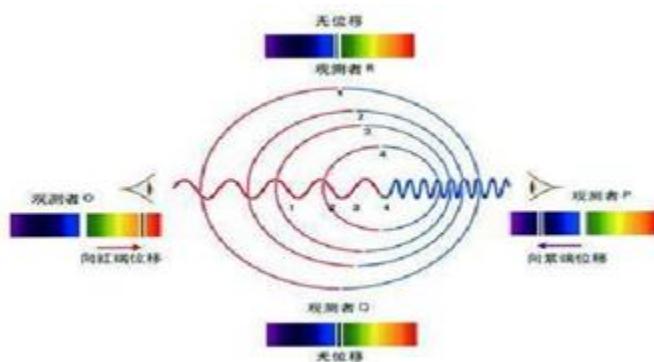


## 高精度多普勒测速

供题老师：邓磊

多普勒效应的原理就是由雷达发出一束微波，遇被测目标时微波被反射回来，再由雷达接收反射波。如果目标相对于雷达有距离上的运动，反射波的频率将与发射频率发生差异，而这种差异的大小正比于目标与雷达的相对运动速度。于是，雷达通过检测反射波频率和发射波频率的差，就可以计算出被测车辆的移动速度。



但是因为环境的影响，接收到的多普勒信号的“背景”十分复杂，信噪比大大降低，采用传统的时域处理方法对被淹没在干扰和噪声中的多普勒信号检出或识别往往是困难的，使得测频精度明显下降。采用频域谱分析方法，选择合适的采样频率及适当的窗口，可以大大提高测频精度和可靠性。今天我们来学习如何利用信号处理知识提高多普勒测速精度。

### 原理：

$$\text{发射信号: } S(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) \quad (1)$$

$$\text{回波信号: } S_r(t) = K S(t - \tau) = K A \cos(2\pi f_0(t - \tau) + \varphi_0) \quad (2)$$

$$\text{发射与回波相位差: } \Delta\phi = -2\pi f_0 \tau = -2\pi f_0 \cdot \frac{2R(t)}{c} = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2R(t) \quad (3)$$

$$\text{待测目标与测试点距离: } R(t) = R_0 - Vt \quad (4)$$

$$\text{光速远大于相对速度: } \tau = \frac{2R(t)}{c} = \frac{2}{c}(R_0 - Vt) \quad (5)$$

由(3)和(5)知:  $\Delta\varphi = -2\pi f_0 \tau = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2(R_0 - Vt)$  (6)

则多普勒频移为:  $f_d = \frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2}{\lambda} V$  (7)

### 步骤:

1. 产生输入正弦反射回波信号, 并且加入随机噪声;
2. 设计合适的带通滤波器, 画出带通滤波器的幅频特性曲线;
3. 对带通滤波器加窗函数处理, 画出加窗后的带通滤波器的幅频特性曲线;
4. 设计适当的加权窗函数, 画出归一化的窗函数曲线以及窗函数的幅频特性曲线;
5. 设计一个带通滤波器组, 画出带通滤波器组的幅频特性曲线;
6. 反射回波信号经过带通滤波器组后, 幅频特性曲线;
7. 根据得到的频率, 利用公式计算出待测目标的速度。

### 附录:

**窗函数:** 为了减少频谱能量泄漏, 可采用不同的截取函数对信号进行截断, 截断函数称为窗函数。

**实际应用的窗函数主要有:**

- (1) 幂窗: 采用某种幂次的函数, 例如矩形、三角形、梯形;
- (2) 三角函数窗: 正弦或余弦函数等组合成复合函数, 例如汉宁窗、海明窗等;
- (3) 指数窗--采用指数时间函数, 例如高斯窗等。