

# IQ 误差对 LFM 匹配滤波的影响

序号 01 姓名 安连硕 学号 202018019427001

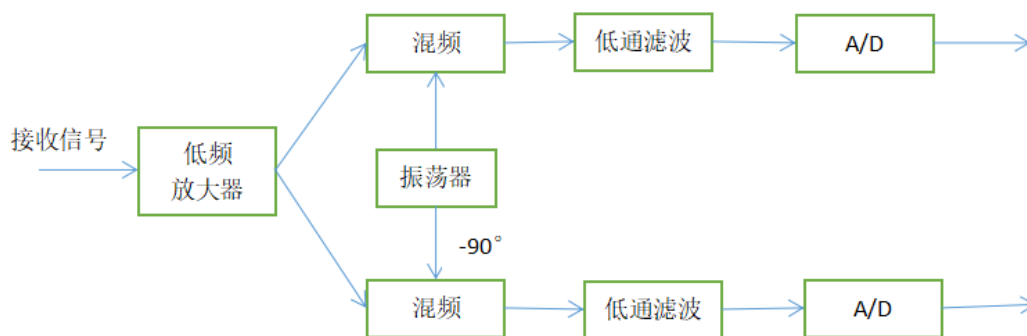
## 一 实验原理

### 1 正交解调

单个散射体的回波波形具有下面的形式：

$$r(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \phi(t))$$

信号的主要信息包含在相位 $\theta(t)$ 中，要获取相位信息就要进行如下的 IQ 解调。



接收信号被分到两个通道。其中一个通道称为接收机的同向通道（I 通道），另一路为正交相位通道（Q 通道），设振荡器产生的信号为 $\cos(\omega_0 t)$ ，经过  $90^\circ$  延迟之后为 $\sin(\omega_0 t)$ 两者分别于接收信号相乘得到：

$$s_I(t) = \cos(\omega_0 t + \phi(t)) * \cos(\omega_0 t) = \frac{1}{2} (\cos(2\omega_0 t + \phi(t)) + \cos(\phi(t)))$$

$$s_Q(t) = \cos(\omega_0 t + \phi(t)) * \sin(\omega_0 t) = \frac{1}{2} (\sin(2\omega_0 t + \phi(t)) + \sin(\phi(t)))$$

经过低通滤波器滤除高频分量后，两路的信号为正交的两路信号，可以解出相位项。

$$I(t) = A \cos(\phi(t))$$

$$Q(t) = A \sin(\phi(t))$$

### 2 IQ 误差

在实际过程中由于两个通道的不对称性，解调出的 IQ 两路信号在幅度、相位和直流偏置上会有误差，将幅度与相位误差归算到 Q 通道后，信号形式如下所示

$$I(t) = A \cos(\varphi(t)) + \gamma$$

$$Q(t) = A(1 + \varepsilon) \sin(\varphi(t) + \Delta\theta) + k$$

将两路信号合成之后，利用欧拉公式展开之后，其信号形式如下：

$$S(t) = I(t) + jQ(t) = A\left(\frac{\alpha + \beta}{2} e^{j\varphi(t)} + \frac{\alpha - \beta}{2} e^{-j\varphi(t)}\right) + \gamma + jk$$

$$\alpha = 1 - j(1 + \varepsilon) \sin \Delta\theta, \beta = (1 + \varepsilon) \cos \Delta\theta$$

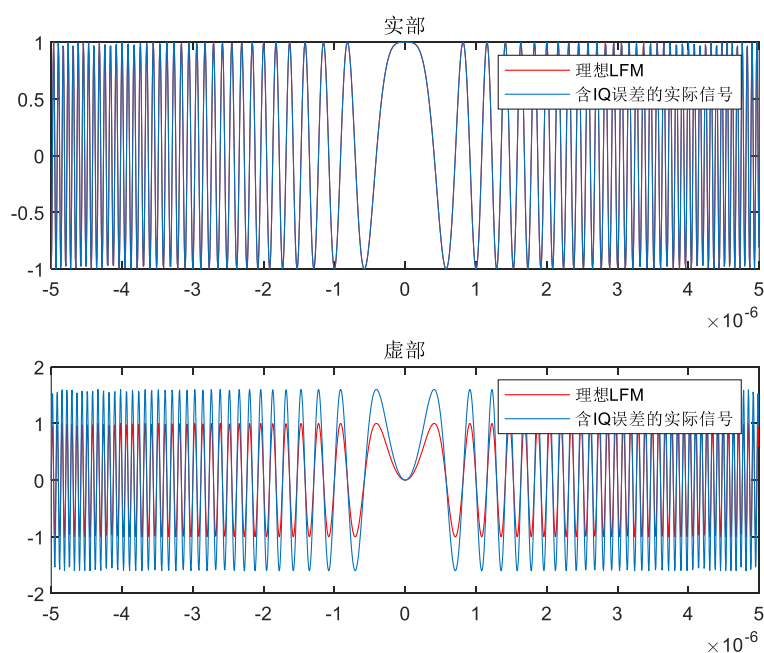
可以看到误差会引入镜像分量，该镜像分量会对脉冲压缩产生影响，而该镜像分量与幅度差和相位差相关。

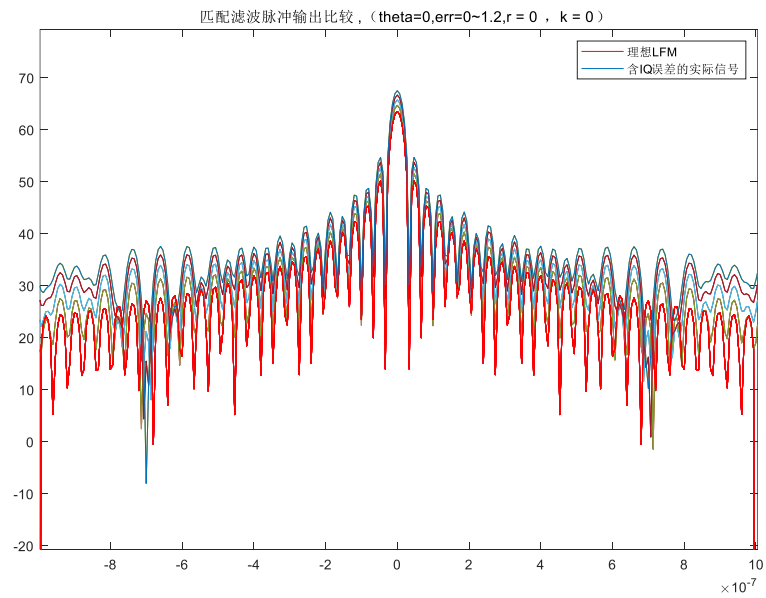
使用匹配滤波器进行脉冲压缩之后，对比标准的线性调频信号的脉冲压缩结果，改变相位和幅度误差，观察输出信号的变化。

## 二 实验结果

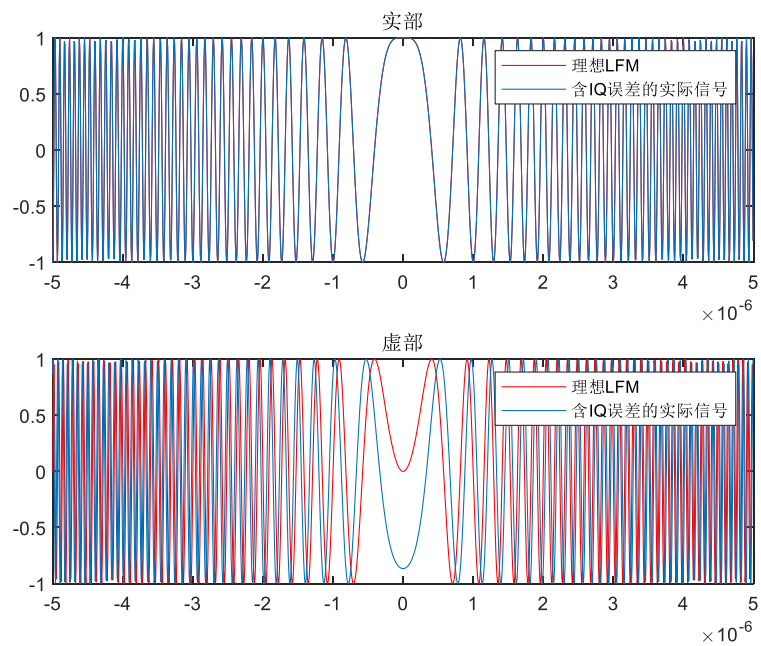
### 1 幅度对脉冲压缩的影响

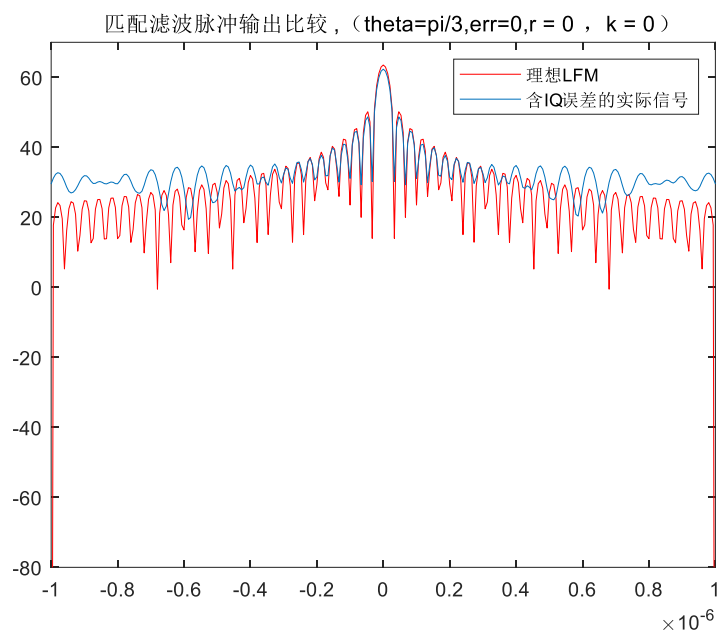
在上述分析中，幅度误差归算至 Q 路信号中。实验结果如下：





## 2 相位对脉冲压缩的影响( $\pi/3$ )





### 三 数据分析

通过理论分析与实验结果, IQ 误差对线性调频信号的匹配滤波造成很多不利影响, 从频谱中可以看出, 直流偏置在频域中会形成冲激, 相位误差和幅度不平衡会导致频谱幅度跳变。从图 4 的比较中可以看出: 偏置越大, 压缩脉冲的旁瓣电平越高; 相位误差对脉冲的形状有很大影响, 会使旁瓣电平明显升高, 峰值旁瓣比降低, 旁瓣衰减变慢, 但是主瓣宽度变化不明显, 相位误差越大, 压缩脉冲的性能越差。