



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

二进制移相键控（2PSK）仿真实验报告

实验时间： 2024.4.28~2024.5.5

实验人员： 黄单德 21009100522

李攸阳 21009102261

张嘉航 21009101111

实验组队 ID： 2170

一、 实验内容

使用 SystemView 软件对二进制移相键控（2PSK）的调制与解调过程进行仿真。

二、 实验目标

1. 获取系统各点时域波形，波形、坐标、标题等要清楚；滤波器的单位冲击相应和幅频特性曲线；
2. 获取主要信号的频谱；
3. 获取眼图；
4. 提取相干载波；

三、 实验原理

1. 2PSK 调制原理

如果两个频率相同的载波同时开始振荡，这个振荡将同时达到最大值和最小值，此时，称他们处于“同相”；如果其中一个迟了，一个达到最大值，另一个达到最小值，则称为“反相”。此时，两个载波的相位差了 180° ，也就是反相。传输数据时，用“0”码控制 0° 相位，“1”码控制 180° 相位。这样，载波的初始相位就会产生变化，也就携带了信息。

2PSK 称为二进制相移键控，是相移键控的最简单的一种形式，它用两个初相相隔为 180° 的载波来传递二进制信息。相移键控是利用初始相位 0 和 π 的载波来分别表示二进制的“0”和“1”，而振幅和频率保持不变。

通常 2PSK 信号的时域表达式为 $e_{2PSK}(t) = A\cos(\omega_c t + \varphi_n)$ ，其中对应的相位 $\varphi_n = \begin{cases} 0 & \text{信号码元为“0”} \\ \pi & \text{信号码元为“1”} \end{cases}$

这种以载波的不同相位直接表示相应的二进制数字的调制方式，称为二进制移相键控。典型的时间波形如图 1 所示。

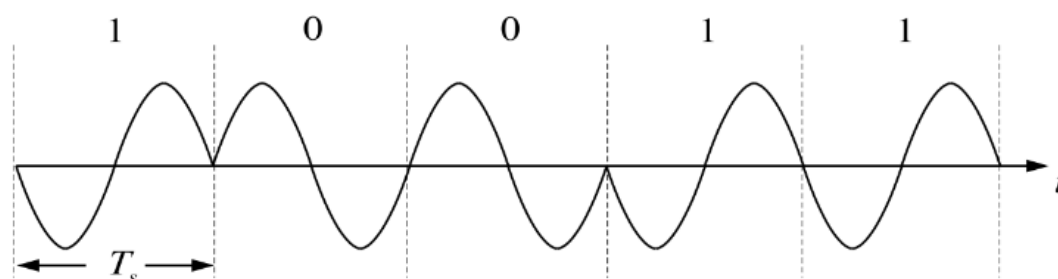
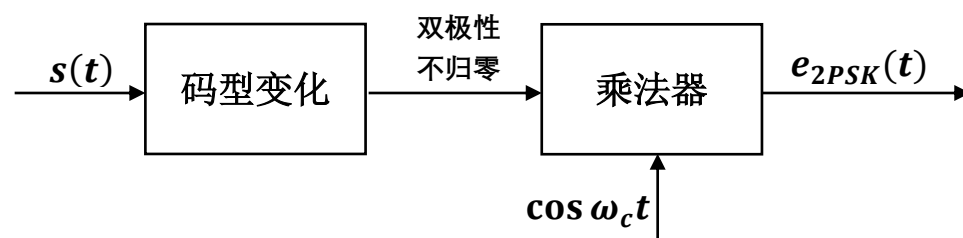


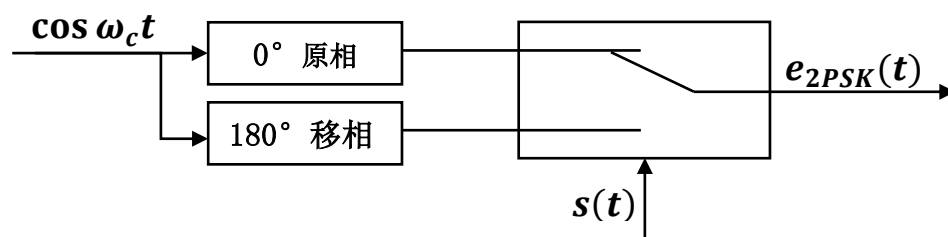
图 1 移相键控波形图

调制方式：

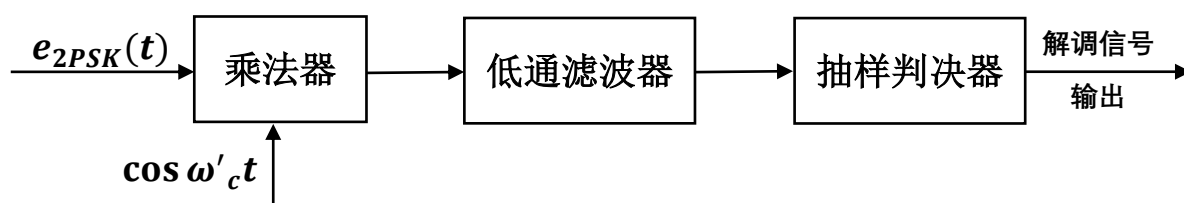
1) 模拟调制法



2) 数字键控法



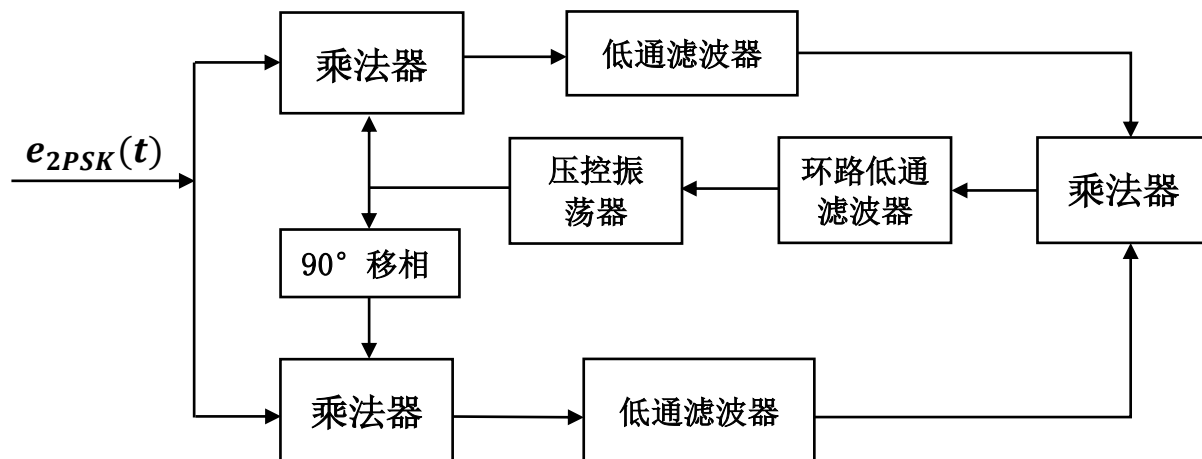
2. 2PSK 解调原理



比如生成的 $e_{2PSK}(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n)$ ，由基带信号 A 和载波信号 $\cos(\omega_c t + \varphi_n)$ 组成，然后用生成的相干载波 $\cos(\omega_c t + \varphi_n)$ 与调制信号相乘，得到 $A \cos^2(\omega_c t + \varphi_n) = \frac{A}{2} + \frac{A}{2} \cos(2\omega_c t + 2\varphi_n)$ ，然后再经过低通滤波器将高频信号滤除，即可得到原始基带信号 A 。

3. 提取相关载波原理

这里所使用的方法是基于科斯塔斯环提取载波。通过锁相环，使用乘法器和低通滤波器来实现，最后通过压控振荡器产生相干载波。



4. 位同步

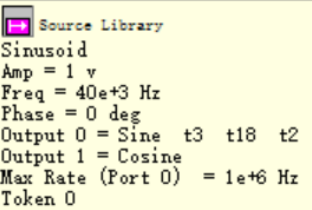
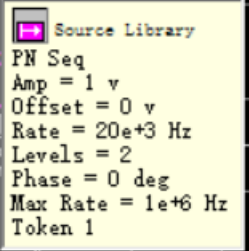
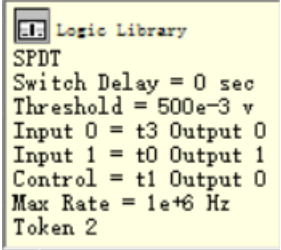
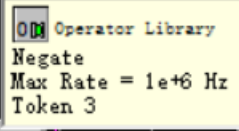
通过 SystemView 里自带的“Bit Synchronizer”，进行基带位同步。根据系统的要求，码元传输速率为 64kHz，因此，借助 SystemView 的 help 文件夹里的 Comm. pdf 文档，按照文档内推荐的参数设置即可。

The initial parameters for this token may be computed as follows. Using R as the data rate of the input signal, the following values are a good starting point for proper loop operation:






Matched filter integration time: $T1 = 1/R$
 Delay: $T2 = 1/R$
 Loop filter constant: $a = 0$ (if the received data is also R)
 Loop gain: $\mu = 0.5$

四、实验步骤

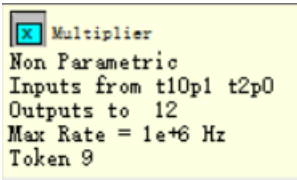
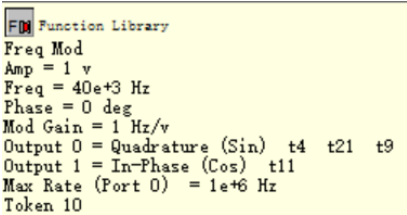
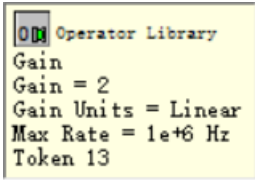
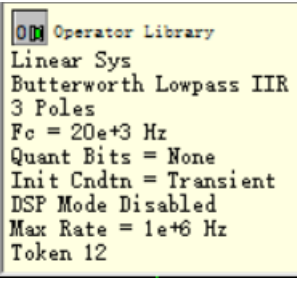
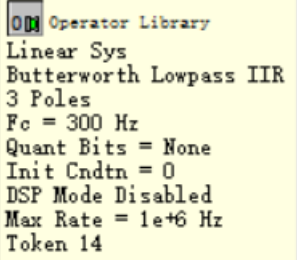
1. 设置数字键控法元件参数

元件	参数	序号	功能
正弦信号产生器		0	产生余弦信号作为载波信号
PN 序列产生器		1	产生为 0, 1 的随机序列码作为基带信号
单刀双掷开关		2	根据信号码元不同选择与不同的信号进行调制信号输出
反相器		3	输出经相位移动 180° 后的信号

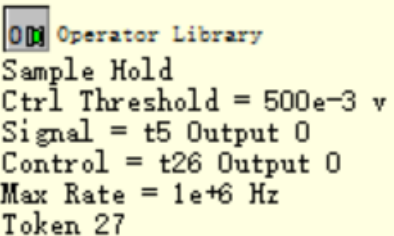
2. 相干信号解调

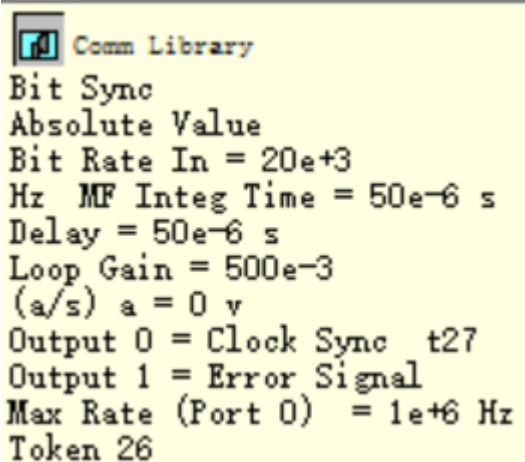
元件	参数	序号	功能
乘法器	 Multiplier Non Parametric Inputs from t10p1 t2p0 Outputs to 5 22 Max Rate = 1e+6 Hz Token 4	4	信号相乘
低通滤波器	 Operator Library Linear Sys Kaiser FIR Fc=20e+3 Hz Decimate By 1 Quant Bits = None Taps = 45 Init Cndtn = Transient DSP Mode Disabled Max Rate = 1e+6 Hz Token 5	5	去除信号中 高频分量
抽样器	 Operator Library Sampler Interpolating Rate = 20e+3 Hz Aperture = 0 sec Aperture Jitter = 0 sec Max Rate = 20e+3 Hz Token 6	6	去除毛刺信号
保持器	 Operator Library Hold Last Value Gain = 4 Out Rate = 1e+6 Hz Max Rate = 1e+6 Hz Token 7	7	实现相干解 调信号放大
缓冲器	 Logic Library Buffer Gate Delay = 0 sec Threshold = 500e-3 v True Output = 1 v False Output = 0 v Rise Time = 0 sec Fall Time = 0 sec Max Rate = 1e+6 Hz Token 8	8	变为幅度只 取-1V, 1V 的 信号

3. 科斯塔斯环提取相干载波

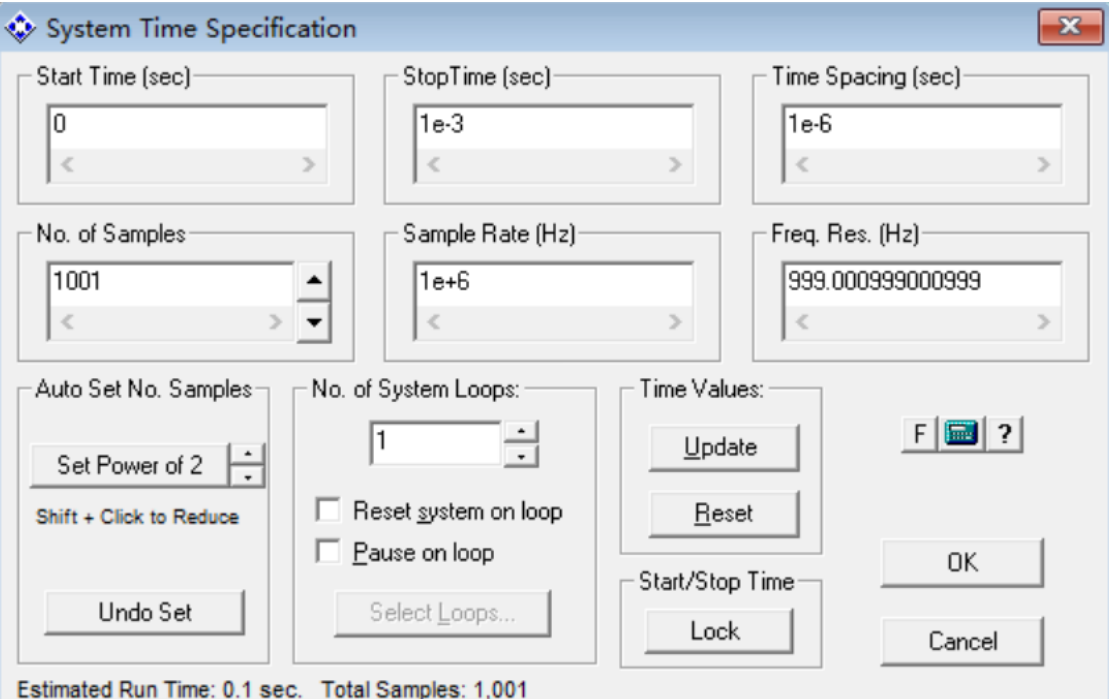
元件	参数	序号	功能
乘法器	 <pre>Multiplier Non Parametric Inputs from t10p1 t2p0 Outputs to 12 Max Rate = 1e+6 Hz Token 9</pre>	9, 11, 15	信号相乘
VCO 压控振荡器	 <pre>Function Library Freq Mod Amp = 1 v Freq = 40e+3 Hz Phase = 0 deg Mod Gain = 1 Hz/v Output 0 = Quadrature (Sin) t4 t21 t9 Output 1 = In-Phase (Cos) t11 Max Rate (Port 0) = 1e+6 Hz Token 10</pre>	10	生成相干载波
放大器	 <pre>Operator Library Gain Gain = 2 Gain Units = Linear Max Rate = 1e+6 Hz Token 13</pre>	13	参与实现环路滤波器
低通滤波器	 <pre>Operator Library Linear Sys Butterworth Lowpass IIR 3 Poles Fc = 20e+3 Hz Quant Bits = None Init Cndtn = Transient DSP Mode Disabled Max Rate = 1e+6 Hz Token 12</pre>  <pre>Operator Library Linear Sys Butterworth Lowpass IIR 3 Poles Fc = 300 Hz Quant Bits = None Init Cndtn = 0 DSP Mode Disabled Max Rate = 1e+6 Hz Token 14</pre>	12, 14, 16	参与实现环路滤波器, 滤去高频分量

4. 位同步

元件	参数	序号	功能
采样保持器	 <pre>Operator Library Sample Hold Ctrl Threshold = 500e-3 v Signal = t5 Output 0 Control = t26 Output 0 Max Rate = 1e+6 Hz Token 27</pre>	27	根据控制信号周期进行采样

位同步器		26	生成位同步信号
------	--	----	---------

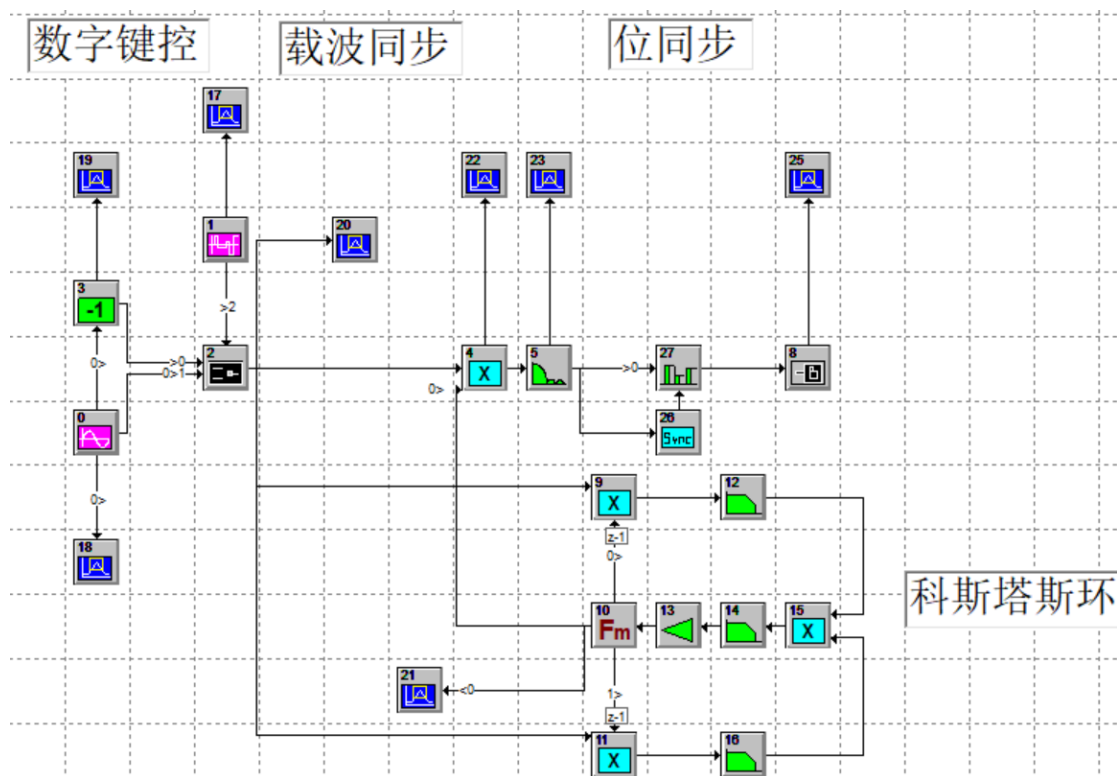
5、系统时钟



根据采样定理，采样频率至少大于原信号频率的 2 倍（PN 序列 20kHz，载波信号 40kHz）同时为了尽可能才更多的点以保证图像分辨率，选取 1000kHz 的采样频率，总采样点数为 1001 个。

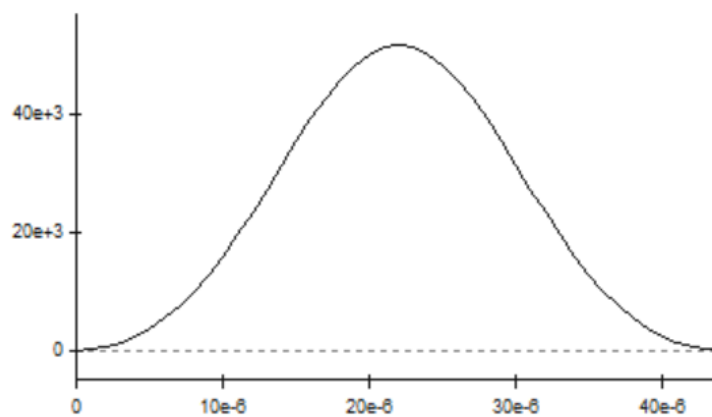
五、实验结果及分析

1. 整体电路图



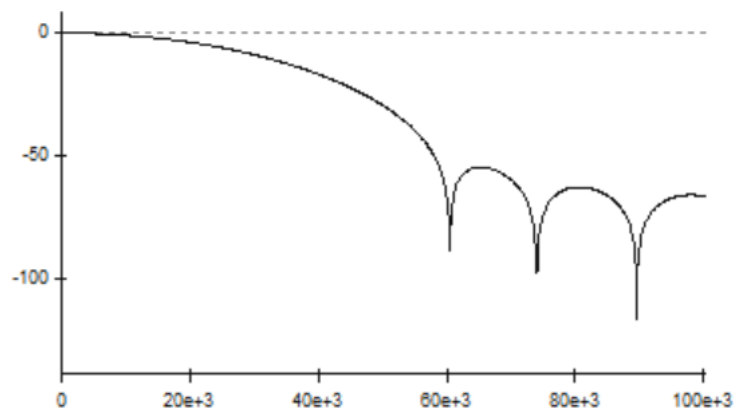
2. 低通滤波器特性图

单位冲激响应:



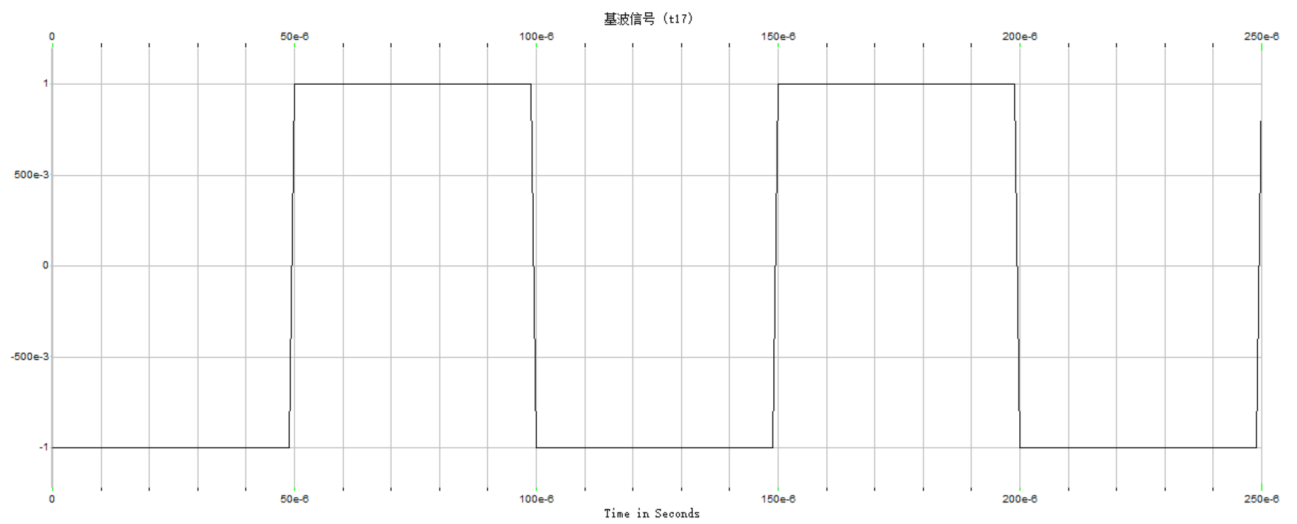
频幅特性曲线:

可以看到, 当在截止频率 20KHz 之后, 输入信号开始失真。

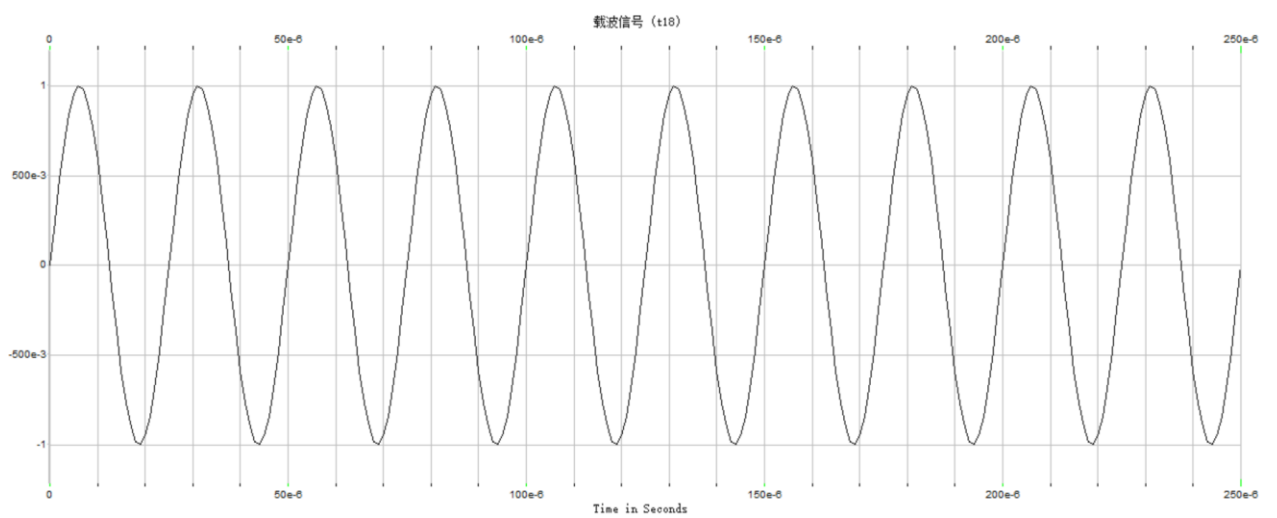


3. 主要信号时域波形

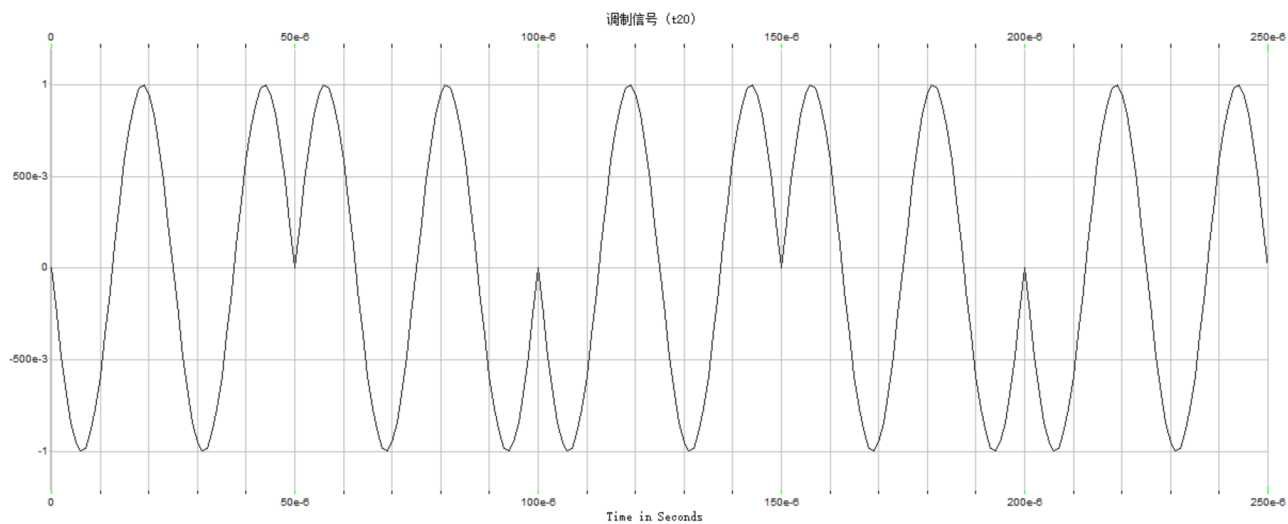
A、基带信号



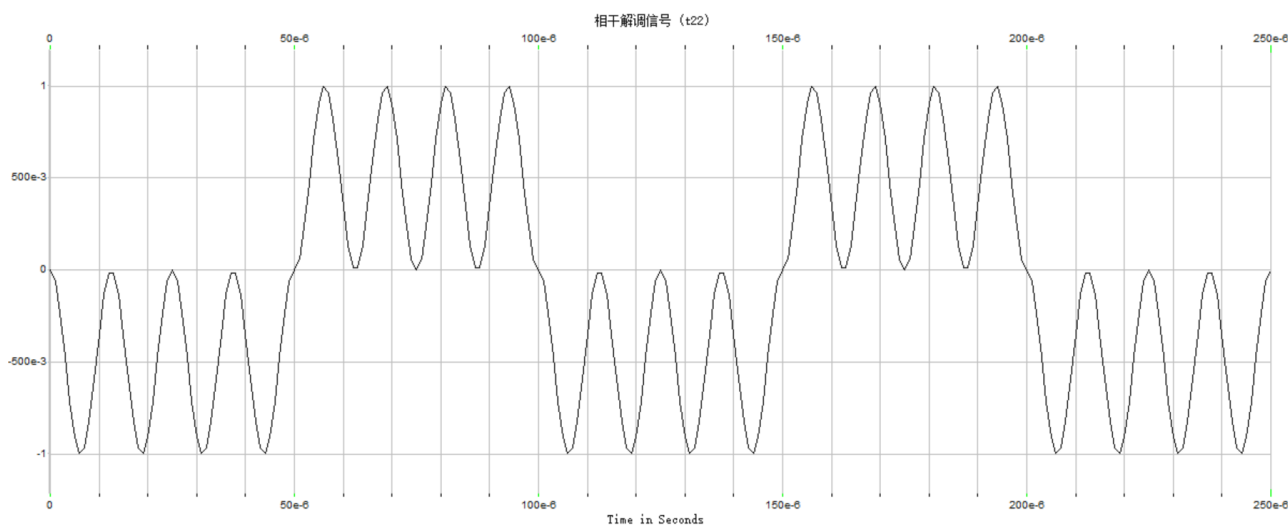
B、载波信号



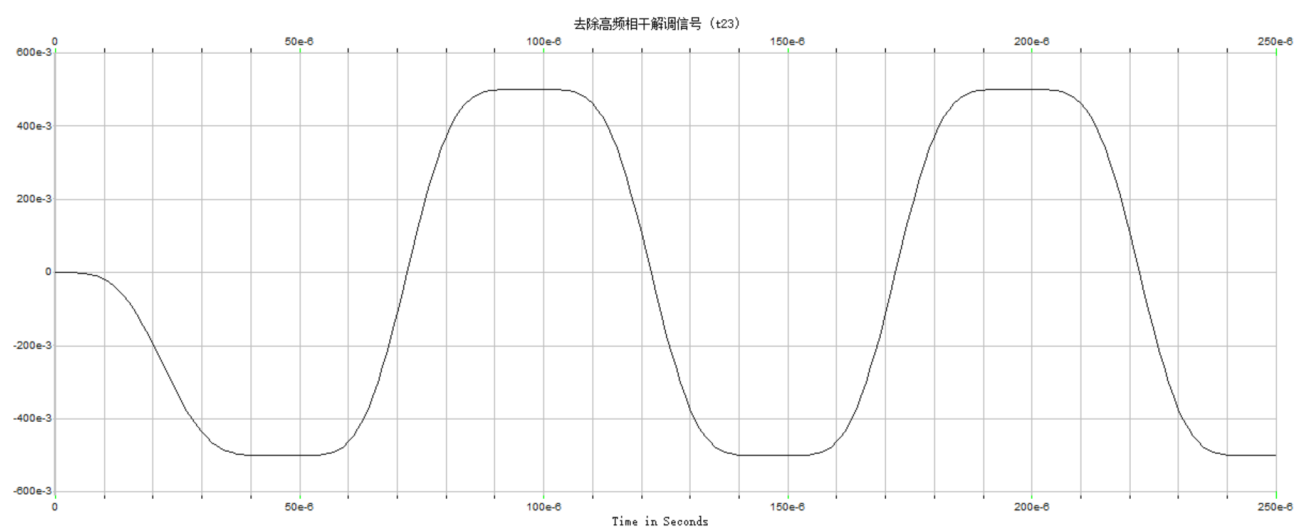
C、调制信号，载波在码元变换处跳变，2PSK 信号相位翻转。



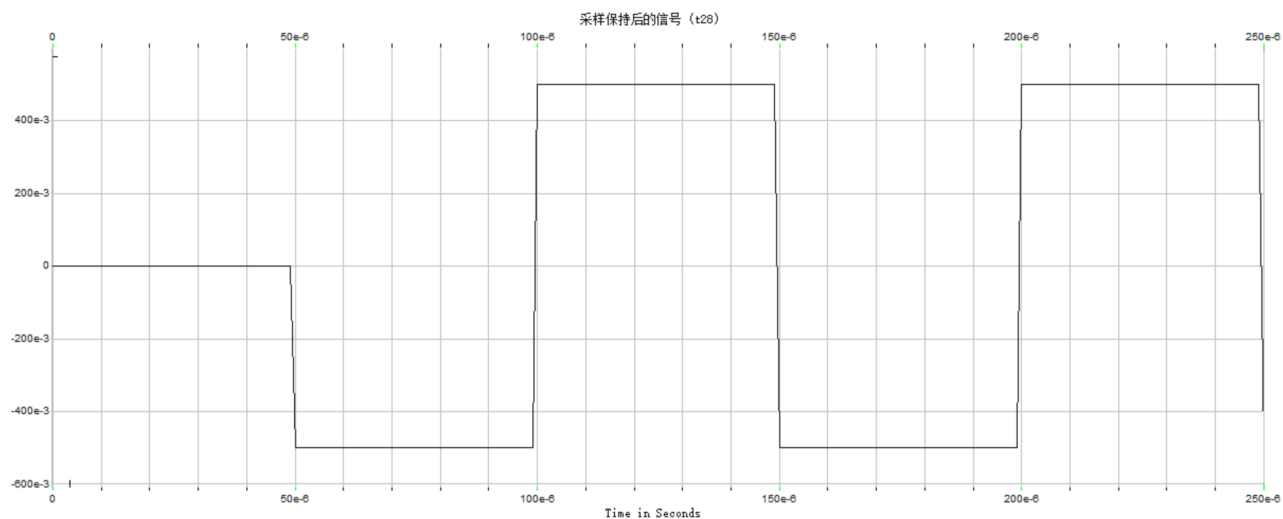
D、解调信号，还原出基波信号形状，但存在高频分量。



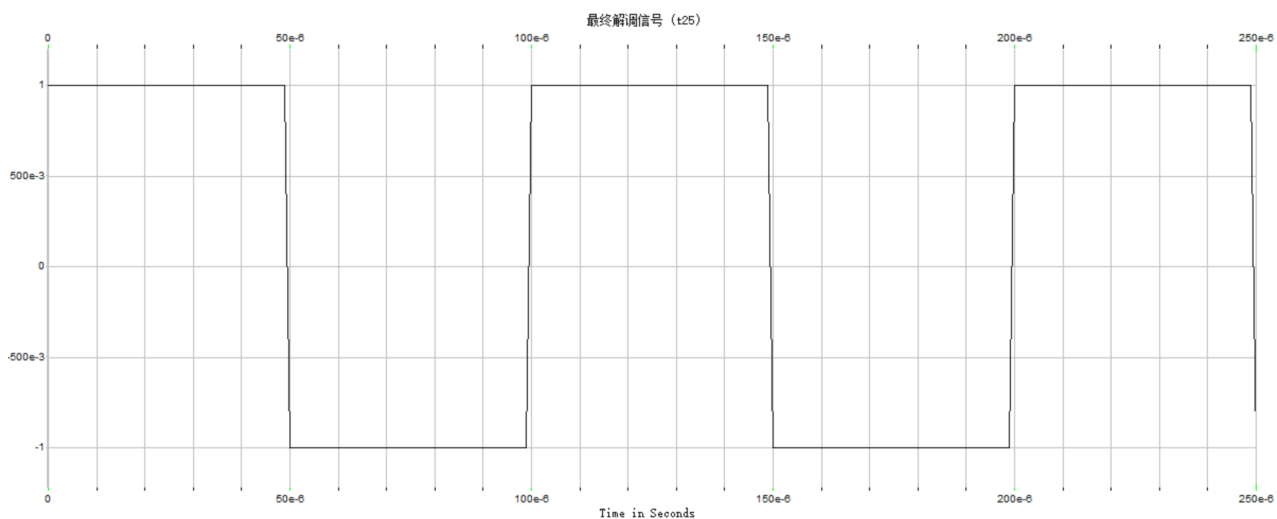
E、去除高频分量的解调信号，去除了高频分量，得到解调信号的包络，与基波信号相似。



F、经过位同步后的采样保持信号

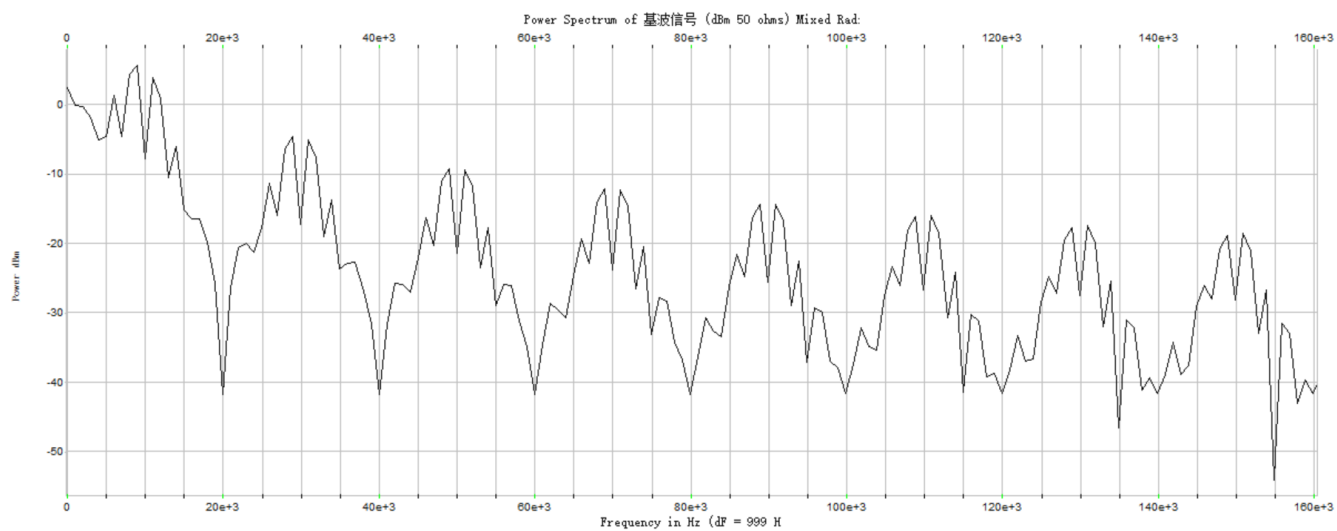


G、最终解调信号

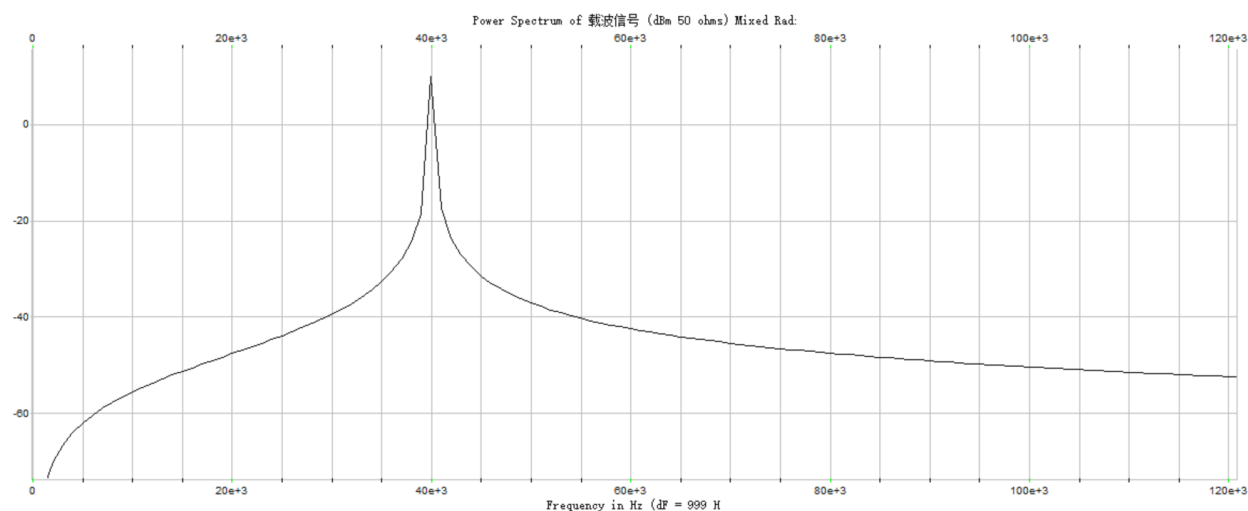


4. 主要信号频域波形

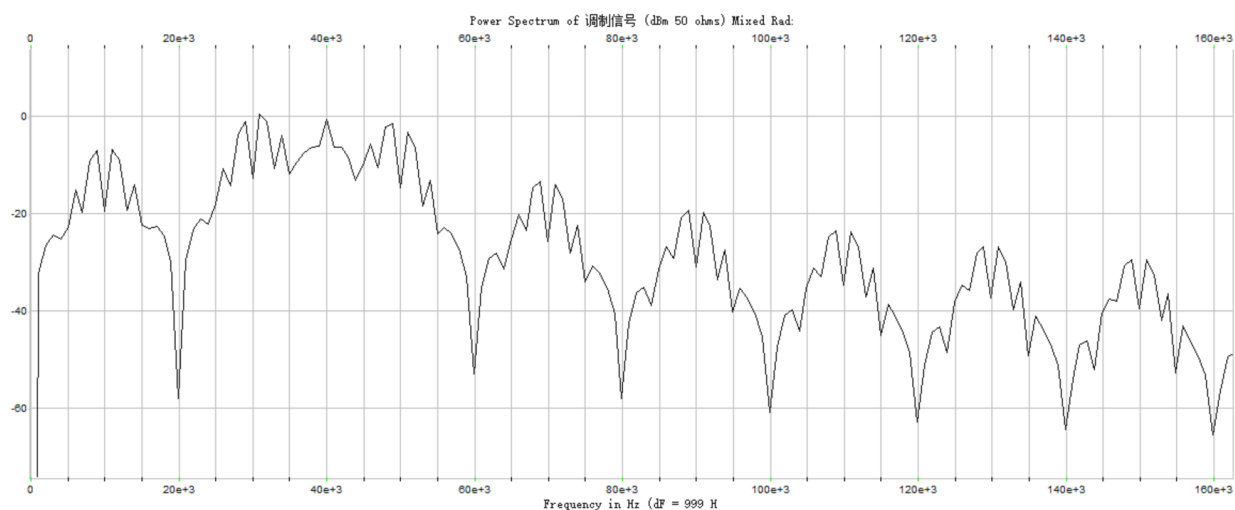
A、基波信号频谱，20kHz 的 PN 序列码频谱，纵轴单位为 dB。可见第一主瓣的宽度的一半为 20kHz，满足 PN 序列码的频率。



B、载波信号频谱，40kHz 的正弦信号，纵轴单位为 dB。频谱中心频率在 $40\text{e}+3$ 处，和开始时载波设置的信号频率 40kHz 相符。

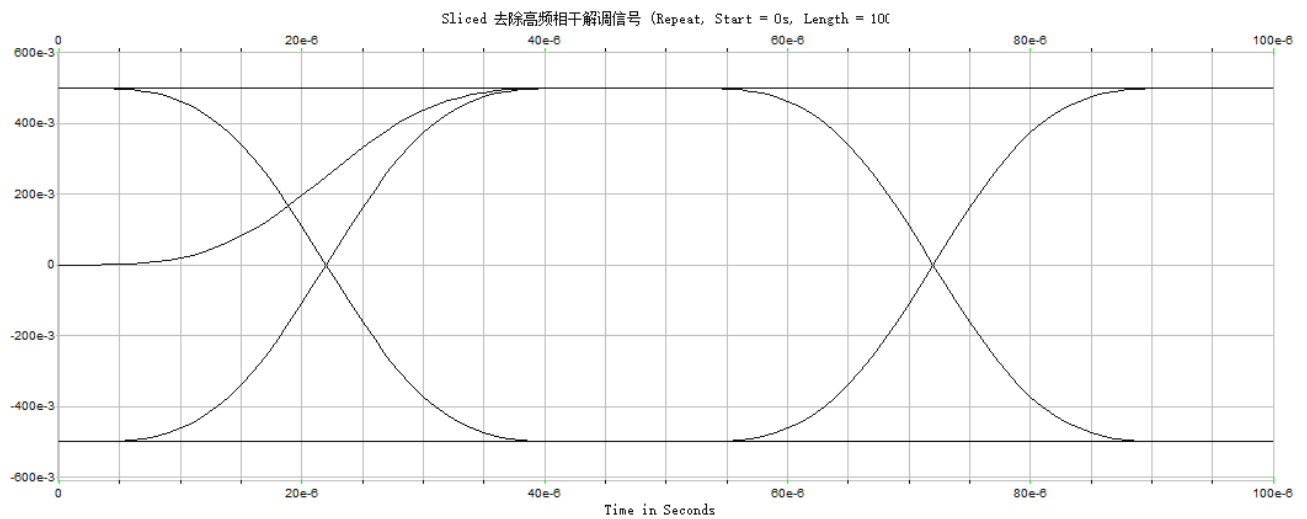


C、调制信号频谱，上下边带为 20kHz，60kHz，中心频率为 40kHz，中心频率符合我们设置的载波频率 40kHz。解调信号频谱，信号频率分布和基带信号大致相同。



5. 眼图

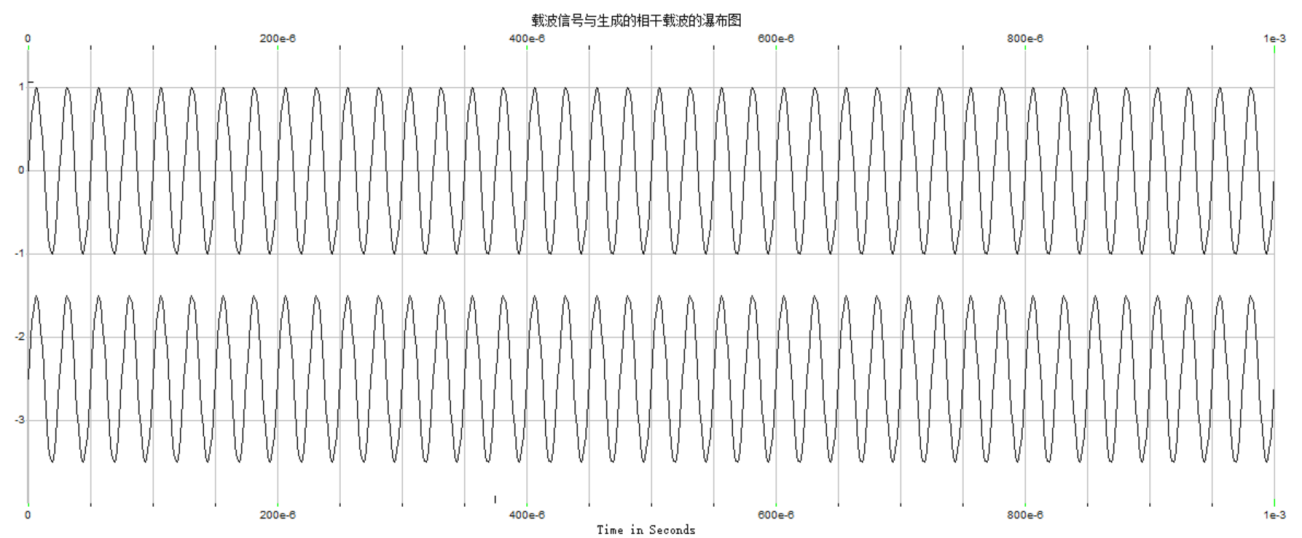
可以看到眼图几乎无失真。



6. 结果分析：

A、载波信号与相干载波信号对比：

载波信号与生成的相干载波信号相同，证明提取载波信号成功。



B、2PSK 调制解调过程：

由载波信号和基波信号调制生成调制信号，与相干载波信号相乘，得到解调信号，可以发现整体波形与基波信号一致，不过包含了很多高频信号，再经过低通滤波器后，再进行位同步信号提取与采样，可以得到与基波信号一致的输出信号，只是信号相比原基波信号有一些延迟。

调制解调过程的瀑布图

