

实验四

57119108 吴桐

一、实验目的

- 1、通过实验仿真加深对抽样定理的理解；
- 2、加深对脉冲编码调制（PCM）的理解；
- 3、加深对同步中载波同步和帧同步的理解。

二、实验内容

- 1、实现简单的抽样电路，观察抽样频率对抽样后信号波形的影响；
- 2、实现脉冲编码调制（PCM）电路，加深对 A 率信号压缩的理解；
- 3、实现“正交载波”插入的载波同步电路，加深对载波同步的理解；
- 4、实现巴克码判别电路，加深对帧同步的理解。

三、实验过程及结果

9.1 抽样定理

抽样定理是模拟信号数字化传输的理论基础，它告诉我们：如果对某一带宽的有限时间连续信号（模拟信号）进行抽样，且在抽样率达到一定数值时，根据这些抽样值可以在接收端准确地恢复原信号。也就是说，要传输模拟信号不一定传输模拟信号本身，只需传输按抽样定理得到的抽样值就可以了。

均匀抽样定理指出：对一个频带限制在 $(0, f_H)$ 内的时间连续信号 $m(t)$ ，如果以 $1/2f_H$ 的间隔对其进行等间隔抽样，则 $m(t)$ 将被所得到的抽样值完全确定。即抽样速率大于等于信号带宽的两倍就可保证不会产生信号的混迭。 $1/2f_H$ 是抽样的最大间隔，也称为奈奎斯特间隔。

当采样频率小于奈奎斯特频率时，在接收端恢复的信号失真比较大，这是因为存在信号的混迭；当采样频率大于或等于奈奎斯特频率时，恢复信号与原信号基本一致。理论上，理想的抽样频率为 2 倍的奈奎斯特带宽，但实际工程应用中，限带信号绝不会严格限带，且实际滤波器特性并不理想，通常抽样频率为 2.5-5 倍 f_H 。以避免失真。

SystemView 仿真系统原理图如图 1 所示。图中被采样的模拟信号源为幅度 1V 频率 100Hz 的正弦波，抽样脉冲为窄脉宽矩形脉冲，脉宽为 1 微秒。抽样器采用乘法器代替。用于恢复信号的低通滤波器采用三阶巴特沃兹（Butterworth）低通滤波器。为观察信号抽样与恢复不失真的条件和引起失真的原因，分别选取了 100Hz、200Hz、500Hz 等几种不同的抽样频率。

显然在抽样频率为 100Hz 时，恢复波形存在较大的失真。

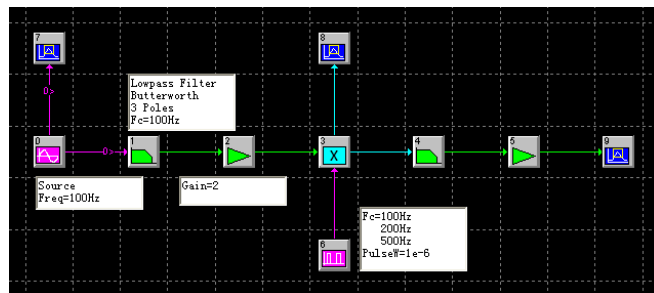


图 1

抽样频率为 100Hz（图 2）、200Hz（图 3）、500Hz（图 4）时，输入信号波形、抽样脉冲波形以及抽样后的信号波形图如下所示。

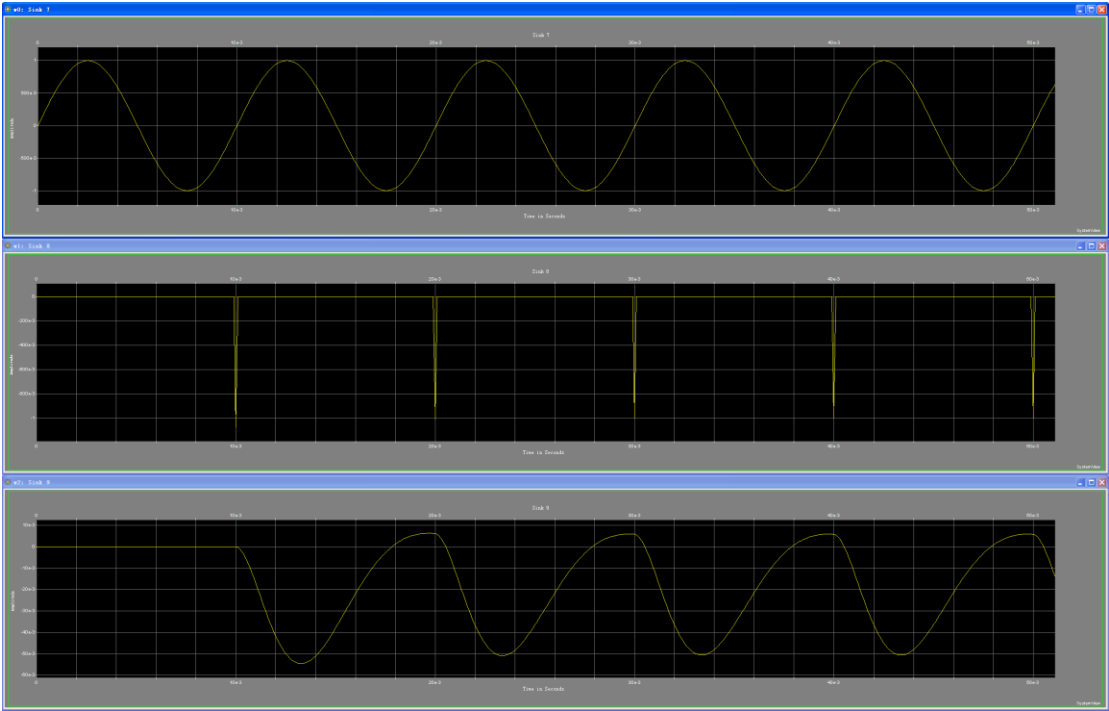


图 2

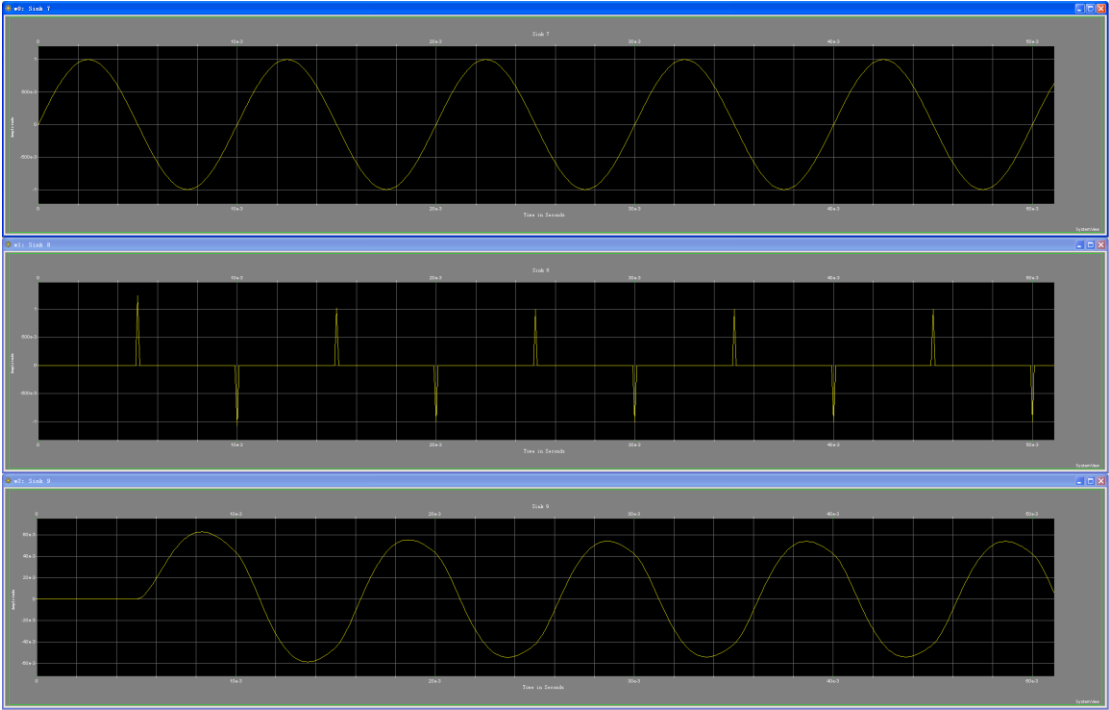


图 3

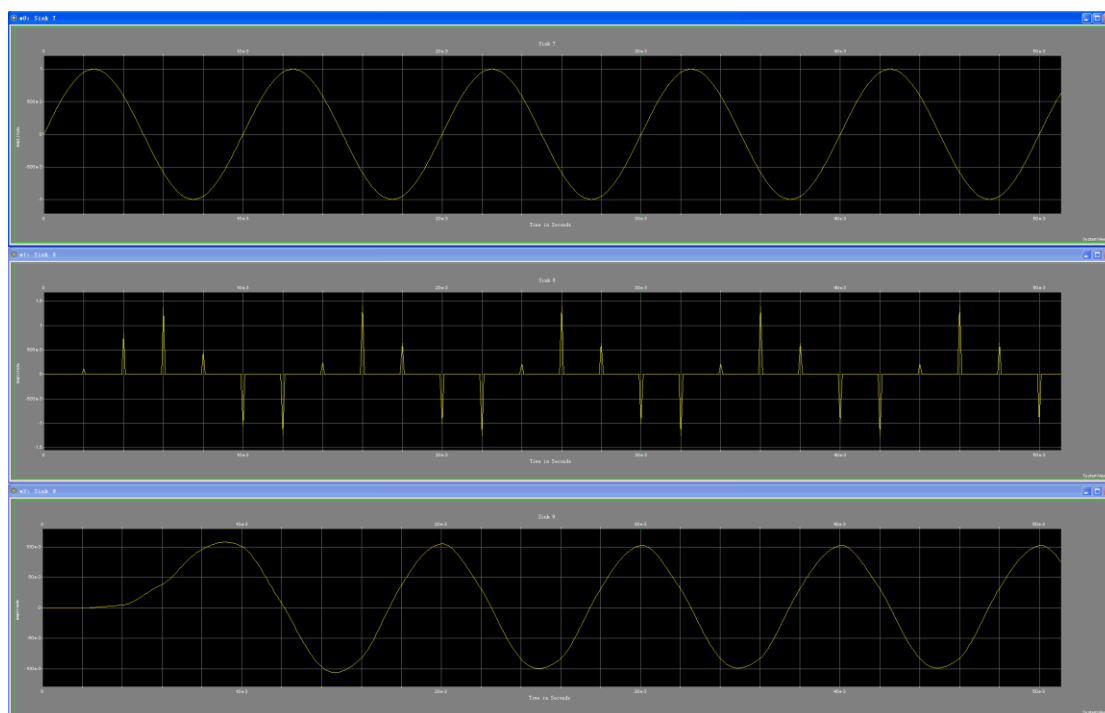


图 4

9.2 脉冲编码调制 (PCM)

在现代通信系统中以 PCM 为代表的编码调制技术被广泛应用于模拟信号的数字传输。除 PCM 外, DPCM 和 ADPCM 的应用范围更广。PCM 的主要优点是: 抗干扰能力强; 失真小; 传输特性稳定, 尤其是远距离信号再生中继时噪声不累积, 而且可以采用压缩编码、纠错编码和保密编码等来提高系统的有效性、可靠性和保密性。另外, PCM 还可以在一个信道上将多路信号进行时分复用传输。

脉冲编码调制 (PCM) 是把模拟信号变换为数字信号的一种调制方式, 其最大的特点是把连续输入的模拟信号变换为在时域和振幅上都离散的量, 然后将其转化为代码形式传输。

PCM 编码通过抽样、量化、编码三个步骤将连续变化的模拟信号转换为数字编码。为便于用数字电路实现, 其量化电平数一般为 2 的整数次幂, 有利于采用二进制编码表示。采用均匀量化时, 其抗噪声性能与量化级数有关, 每增加一位编码, 其信噪比增加约 6dB, 但实现的电路复杂程度也随之增加, 占用带宽也越宽。因此实际采用的量化方式多为非均匀量化, 通常使用信号压缩与扩张技术来实现非均匀量化。在保持信号固有的动态范围前提下, 在量化前将小信号进行放大而对大信号进行压缩。通常的压缩方法有 13 折线 A 律和 u 律两种标准, 国际通信中多采用 A 律。采用信号压缩后, 用 8 位编码实际可以表示均匀量化 11 位编码时才能表示的动态范围, 能有效提高小信号时的信噪比。

在 SystemView 系统仿真软件中, 系统提供了 A 律和 u 律两种标准的压缩器和扩张器。如图 5 所示是 PCM 信号压缩与扩张的仿真实验原理图。其中信号源采用了高斯噪声通过一个限带滤波器来模拟随机的语音信号。压缩器和扩张器都采用 A 律标准。A/D 和 D/A 转换器采用 8 位二进制码表示, 收发二者之间数据不经过信道传输, 直接连接。

图 6 从上到下依次展示原信号波形、压缩后的信号波形 (信号被放大而大信号被压缩) 以及通过扩张器还原后的波形。

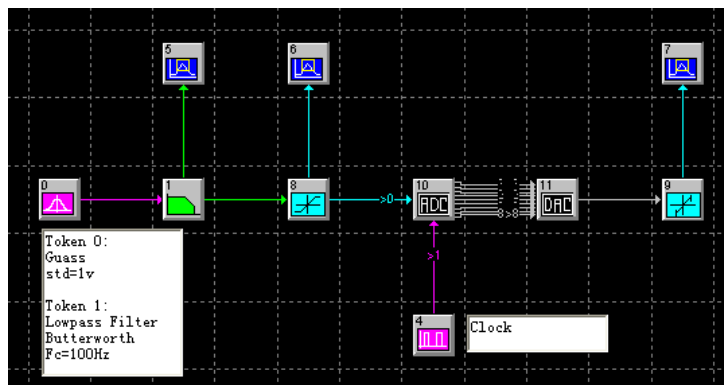


图 5

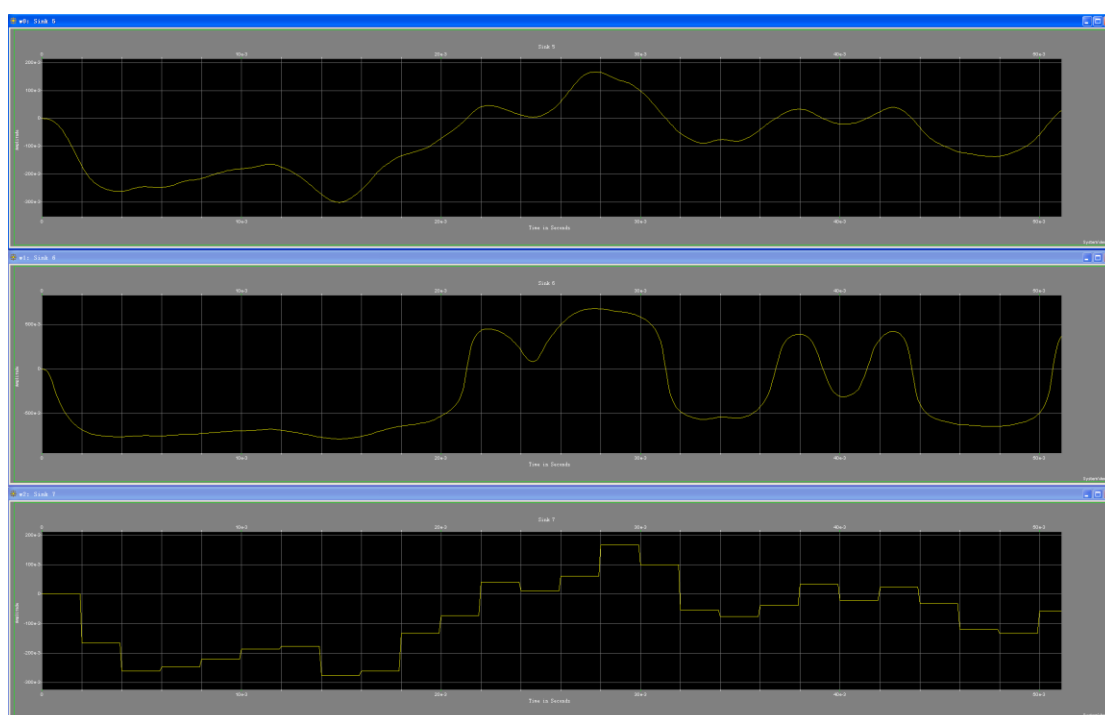


图 6

11.1 载波同步

提取载波的方法一般分为两类：一类是在发送有用信号的同时，在适当的频率位置上，插入一个（或多个）称作导频的正弦波，接收端就由导频提取出载波，这类方法称为插入导频法，也称为外同步法。另一类是不专门发送导频，而在接收端直接从发送信号中提取载波，这类方法称为直接法，也称为自同步法。

在抑制载波系统中无法从接收信号中直接提取载波。例如：DSB、VSB、SSB 和 2PSK 本身都不含有载波分量或含有一定的载波分量也难以从已调信号中分离出来。为了获取载波同步信息，可以采取插入导频的方法。插入导频是在已调信号的频谱中再加入一个低功率的线谱（其对应的正弦波形即称为导频信号）。在接收端可以容易地利用窄带滤波器把它提取出来，经过适当的处理形成接收端的相干载波。显然，导频的频率应当与载频有关或者就是载频。插入导频的传输方法有多种，基本原理相似。

图 7 是“正交载波”插入的仿真原理图。图中，图符 0 为调制信号，图符 1 为载波信

号，频率为 1KHz，其中它的一个输出端（正弦端）与乘法器相连，另一个正交输出端（余弦端）直接经过一个反相器与加法器相连，而未使用移相 90°电路。

在接收端，带通滤波器和窄带滤波器分别使用了一个七阶椭圆形滤波器（图符 6）和一个抽头数为 1026 的 FIR 滤波器（图符 7）。移相电路简单地用了一个延时电路替代，因为载波频率为 1KHz，因此移相 90°等价为延时 250ns。由于未考虑两路滤波器间的延时误差，因此这一数值可能不十分精确，但可以近似认为延时后的信号与信号是正交的。

为什么插入的导频要用正交频率呢？通过观察仿真输出结果就很容易理解这个问题了。当发射端使用 90°移相后的正交载波作为导频信号时，在接收端低通滤波器的输出中没有直流分量；将载波频率的信号直接作为导频信号，这时，在接收端低通滤波器中可以观察到有直流分量存在。这个直流分量将通过低通滤波器对数字信号产生影响，这就是在发射端插入正交导频信号的原因。

另外，插入导频法提取载波要使用窄带滤波器，这个窄带滤波器也可以用锁相环来代替，这是因为锁相环本身就是一个性能良好的窄带滤波器，因而使用锁相环后，载波提取的性能将有改善。

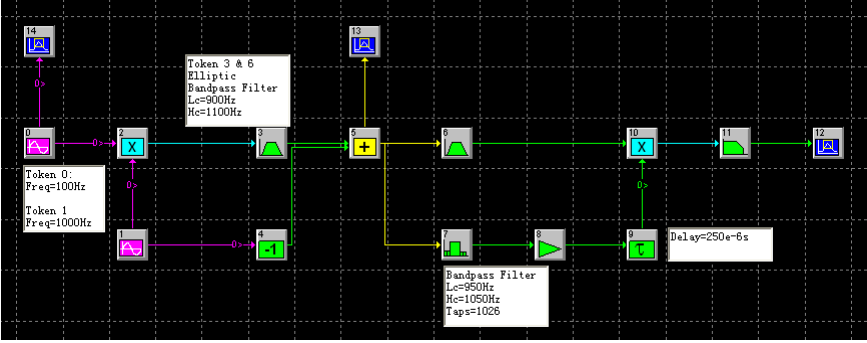


图 7

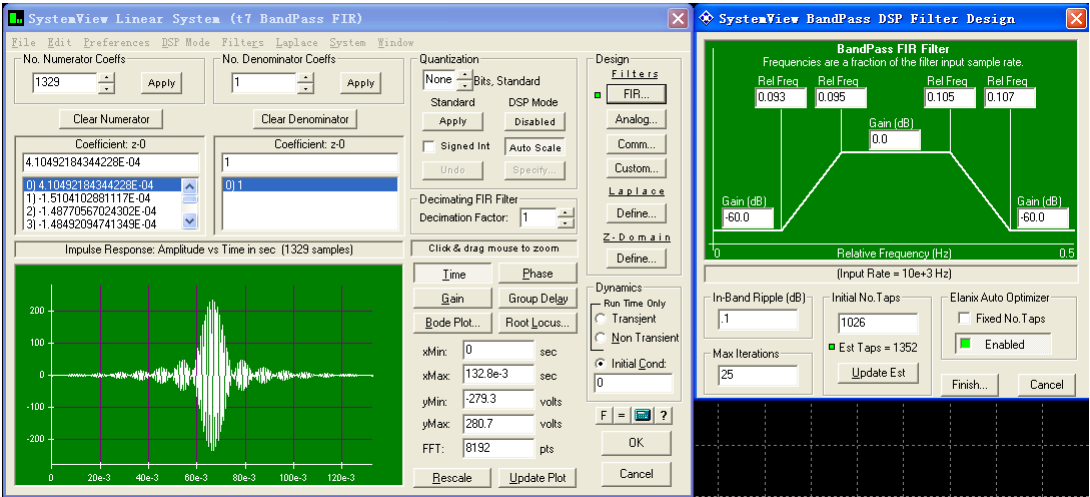


图 8

图 9 展示了输入信号波形，调制信号波形（插入导频后）以及解调信号波形。图 10 为解调信号的频谱图，在 100Hz 处出现峰值。

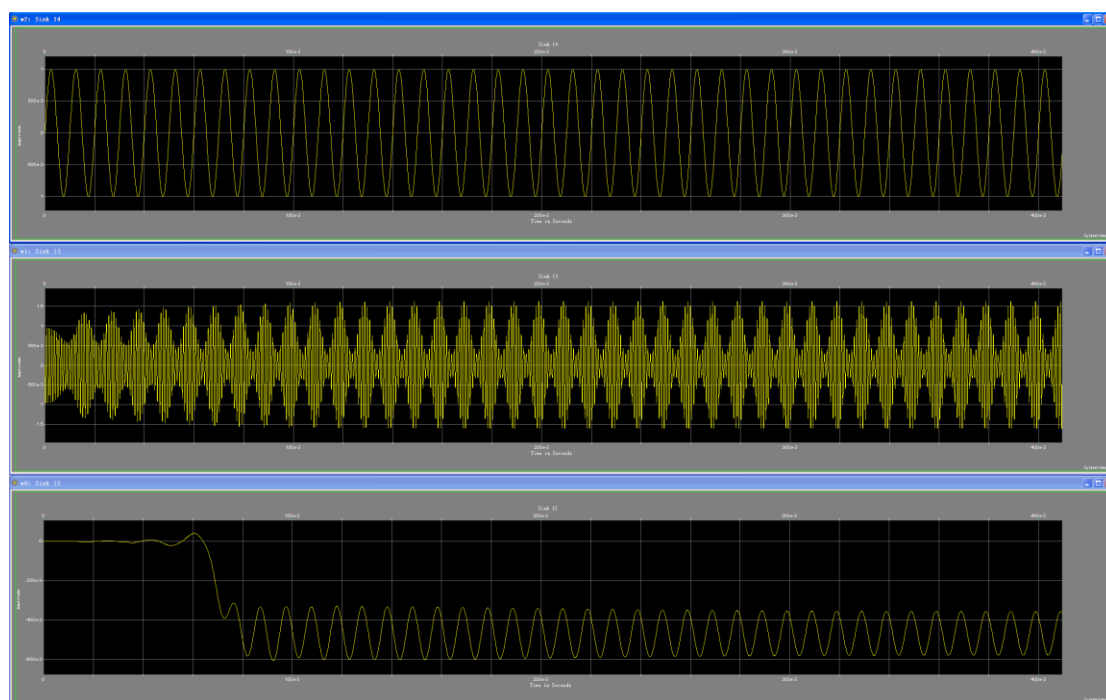


图 9

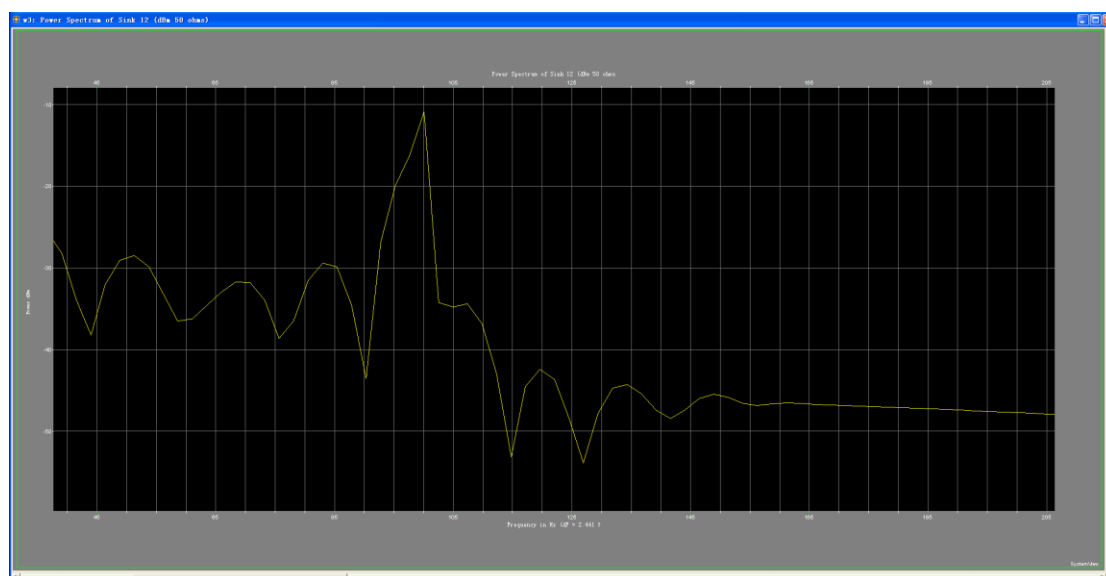


图 10

11.3 帧同步与巴克码

如图是一个 7 位巴克码（1110010）的识别器仿真原理图。其中使用了一个 8 位移位寄存器（图符 6）的前 7 位和 3 个非门（图符 3、4、5）构成检测电路，加法器（图符 13）的输出经过判决器（图符 8）检测出大于 6 的单峰脉冲。数据流简单地用了一个 100Hz 的 PN 序列代替，时钟信号的频率与 PN 数据流的速率一样也为 100Hz。由于采用 PN 序列模拟实际带有的巴克码的数据流，因此，仿真运行时如果仿真的采样点数太少则可能看不到单峰脉冲，此时可以重复仿真或加大仿真的样本点数。

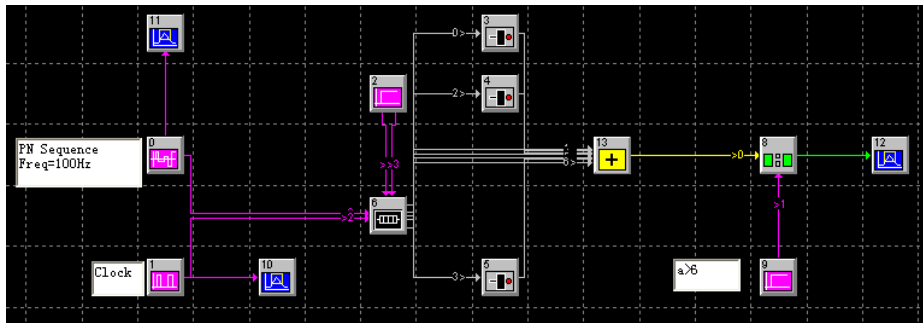


图 11

图 12 展示了时钟波形、数据以及巴克码检测器检测单峰脉冲波形。图 13 为数据与巴克码检测器检测单峰脉冲波形叠加图。

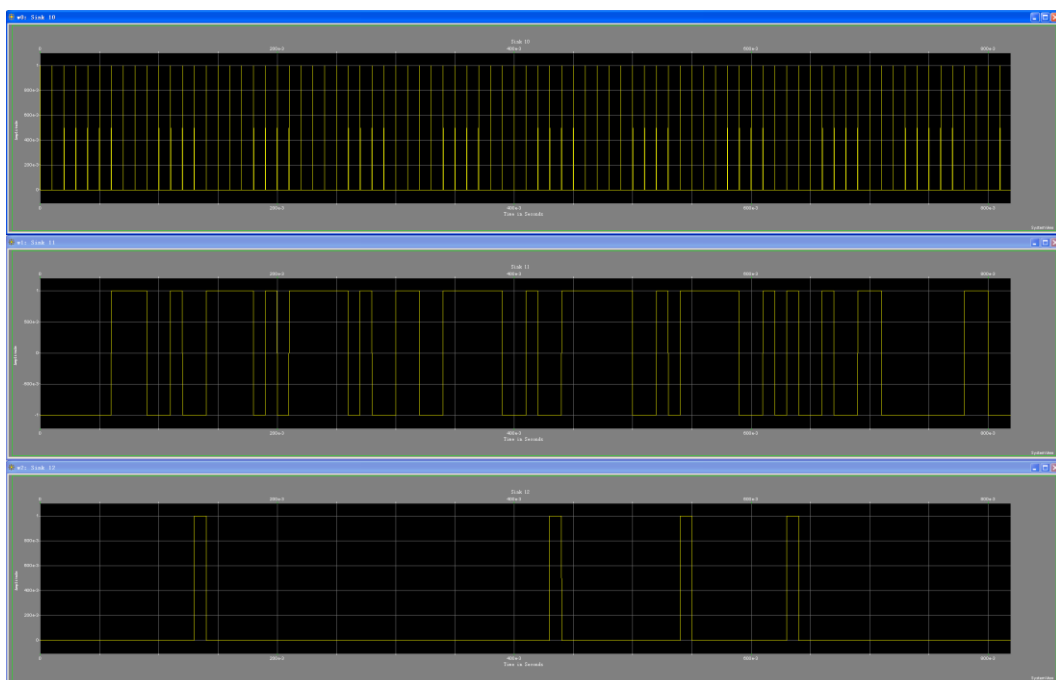


图 12

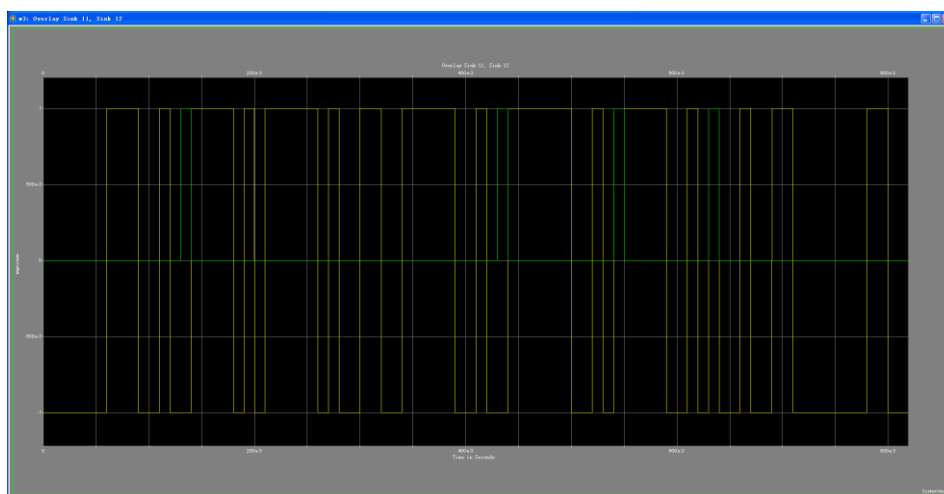


图 13

四、实验总结

本次实验难度适中，知识点较多。在课堂上对这些内容还存在一些模糊点，通过实验就可以更深入的理解知识点了。有了上一次实验的经验，这次实验完成的就迅速了很多，元件参数也可以较为顺利的设置了。

本学期的四次实验，每一次实验都让我有收获，我学会了如何使用 SystemView 这个强大的工具，在以后的学习过程中也可以使用 SystemView 软件辅助学习。