

1 引言

在当今信息社会，通信已经成为整个社会的高级“神经中枢”，通信技术变得越来越重要，没有通信的人类社会将是不堪设想的。通信按传统的理解就是信息的传递与交换。一般来说，通信系统是由信源、发送设备、信道、接收设备、信宿组成。一般发送端要有调制器，接收端要有解调器，这就用到了调制与解调技术。

调制可分为模拟调制和数字调制，模拟调制常用的方法有 AM 调制、DSB 调制及 SSB 调制等。数字调制常用的方法有 2ASK 调制、2FSK 调制、2PSK 调制及 2DPSK 调制等。经过调制不仅可以进行频谱搬移，把调制信号的频谱搬移到所希望的位置上，从而将调制信号转换成适合于信道传输或便于信道多路复用的已调信号，而且它对系统的传输有效性和传输的可靠性有着很大的影响。调制方式往往决定着一个通信系统的性能。本次课程设计主要对常见的模拟和数字调制解调、抽样定理、增量调制系统和数字基带传输系统进行设计与仿真分析，并进一步设计和仿真 AM 超外差收音机以熟练 System View 软件的运用。

通信技术在日新月异的发展，通信系统也日趋复杂多样。因此，在通信系统的设计研发过程中，通信系统的软件仿真已成为必不可少的一部分。目前，电子设计自动化 EDA (Electronic Design Automat) 已成为通信系统设计的主潮流。为了使复杂的设计过程更加便捷高效，使分析与设计所需的时间和费用降低，美国 Elanix 公司推出的基于 PC 机 Windows 平台的 System View 动态系统仿真软件。这是一款比较流行的，优秀的仿真软件，目前大多数通信系统的仿真都是用这款软件。因此，本次课程设计亦采用 System View 软件进行通信系统的设计与仿真分析，以加深对通信原理这门课程理论的理解和提高对理论知识的实际应用能力。

2 模拟调制解调系统的设计与仿真

模拟调制系统可分为线性调制和非线性调制，本课程设计只研究线性调制系统中常用的 AM、DSB、SSB 调制与解调系统的设计与仿真分析。

2.1 线性调制的一般原理

线性调制（幅度调制）是正弦载波的幅度随调制信号作线性变化的过程。设正弦载波为：

$$s(t) = A \cos(\omega_c t + \theta_0)$$

那么，幅度调制信号（已调信号）一般可表示成：

$$s_m(t) = A m(t) \cos(\omega_c t + \theta_0)$$

式中 $m(t)$ ——基带调制信号。

线性调制器的一般模型如图 1 所示，它有一个相乘器和一个冲击响应为 $h(t)$ 的带通滤波器组成。

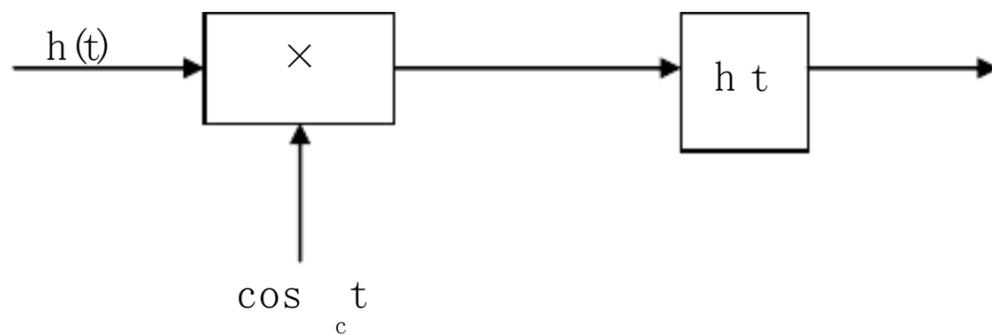


图 1 线性调制系统的一般模型

在该模型中，适当选择带通滤波器的冲击响应 $h(t)$ ，便可以得到各种线性调制信号，如 AM 信号、DSB 信号、SSB 信号等。

2.2 AM 调制解调系统

2.2.1 AM 调制解调原理

1. 调制原理

如果输入基带信号 $m(t)$ 含直流分量，则它可以表示为 m_0 与 $m'(t)$ 之和，其中， m_0 是 $m(t)$ 的直流分量， $m'(t)$ 是表示消息变化的交流分量，且假设 $h(t)$ 也是理想带通滤波器的冲激响应，如果满足 $m_0 < m(t)_{\max}$ ，则信号为调幅（AM）信号，其时域表示形式为：

$$s_m(t) = m_0 \cos(\omega_c t) + m'(t) \cos(\omega_c t)$$

其对应的频域表示式为：

$$S_m(\omega) = m_0 \left[\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c) \right] + \frac{1}{2} [M'(\omega - \omega_c) + M'(\omega + \omega_c)]$$

式中 $M'(\omega)$ —— $m'(t)$ 的傅里叶变换。

2. 解调原理

通常 AM 信号可以用相干解调（同步检测）和非相干解调（包络检波）两种方法进行解调。由 AM 信号的频谱可知，如果将已调信号的频谱搬回到原点位置，即可得到原始的调制信号频谱，从而恢复出原始信号。解调中的频谱搬移同样可用调制时的相乘运算来实现。将已调信号乘上一个与调制器同频同相的载波，可得

$$s_{AM}(t) \cos(\omega_c t) = [A_0 m(t)] \cos \omega_c t + [A_0 m(t)] \cos 2\omega_c t$$

由上式可知，只要用一个低通滤波器，就可以将第 1 项与第 2 项分离，无失真的恢复出原始的调制信号：

$$\frac{1}{2} A_0 m(t)$$

本设计采用了相干解调的方法进行解调，其原理框图如图 2 所示。

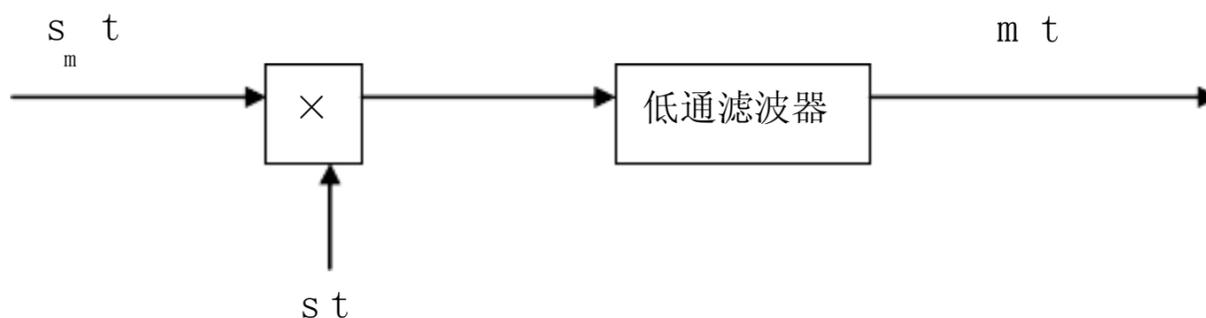


图 2 相干解调原理框图

2.2.2 AM 调制解调系统仿真设计

根据以上 AM 信号的调制与解调原理，用 system view 仿真的电路图如图 3 所示。

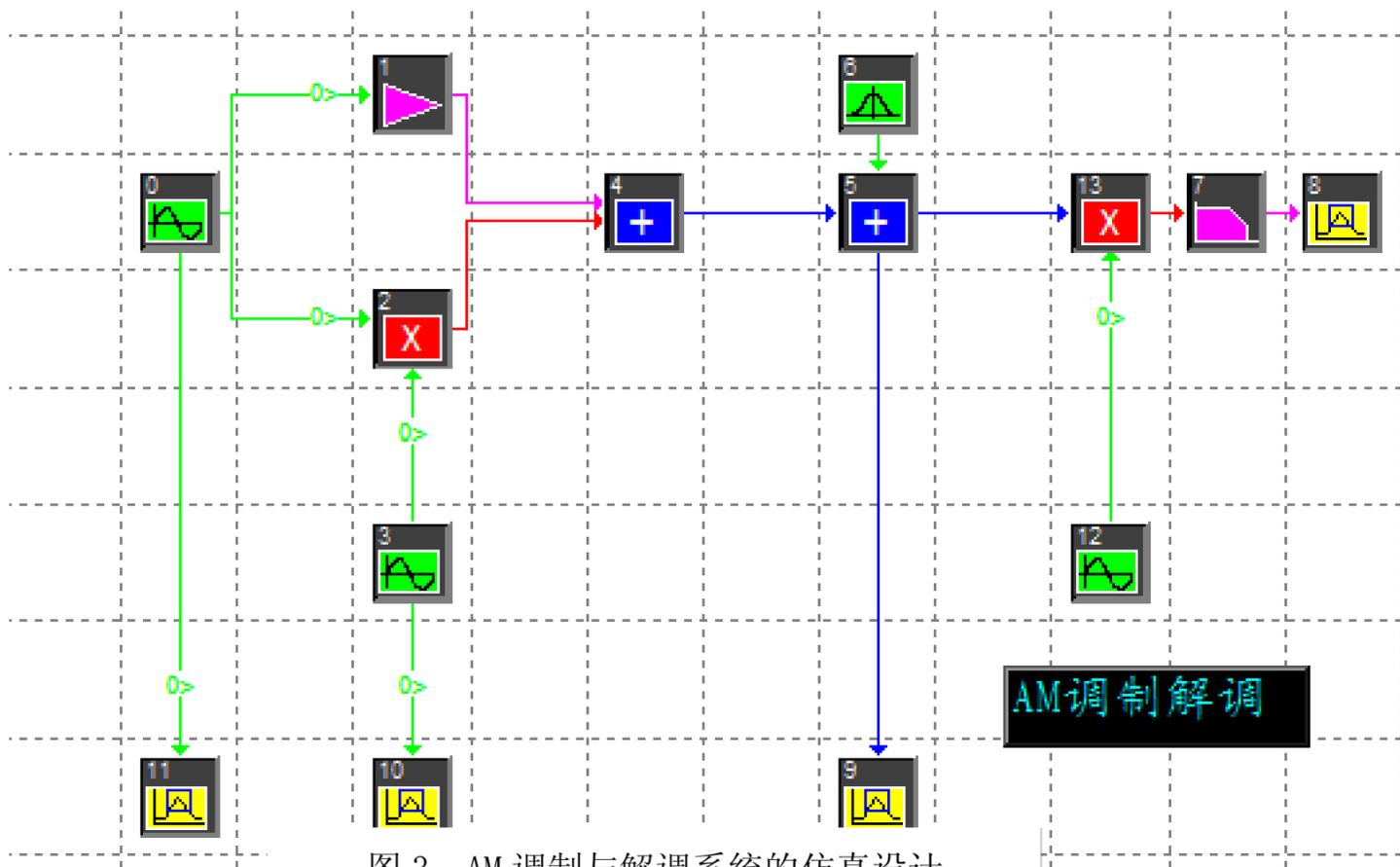


图 3 AM 调制与解调系统的仿真设计

具体设计参数为：

基带信号：幅值 2V，频率 500Hz

载波信号：幅值 2V，频率 4000Hz

2.2.3 AM 调制解调系统仿真结果与分析

由以上设计的 AM 调制解调系统进行仿真后的波形如图 4、图 5、图 6 所示。

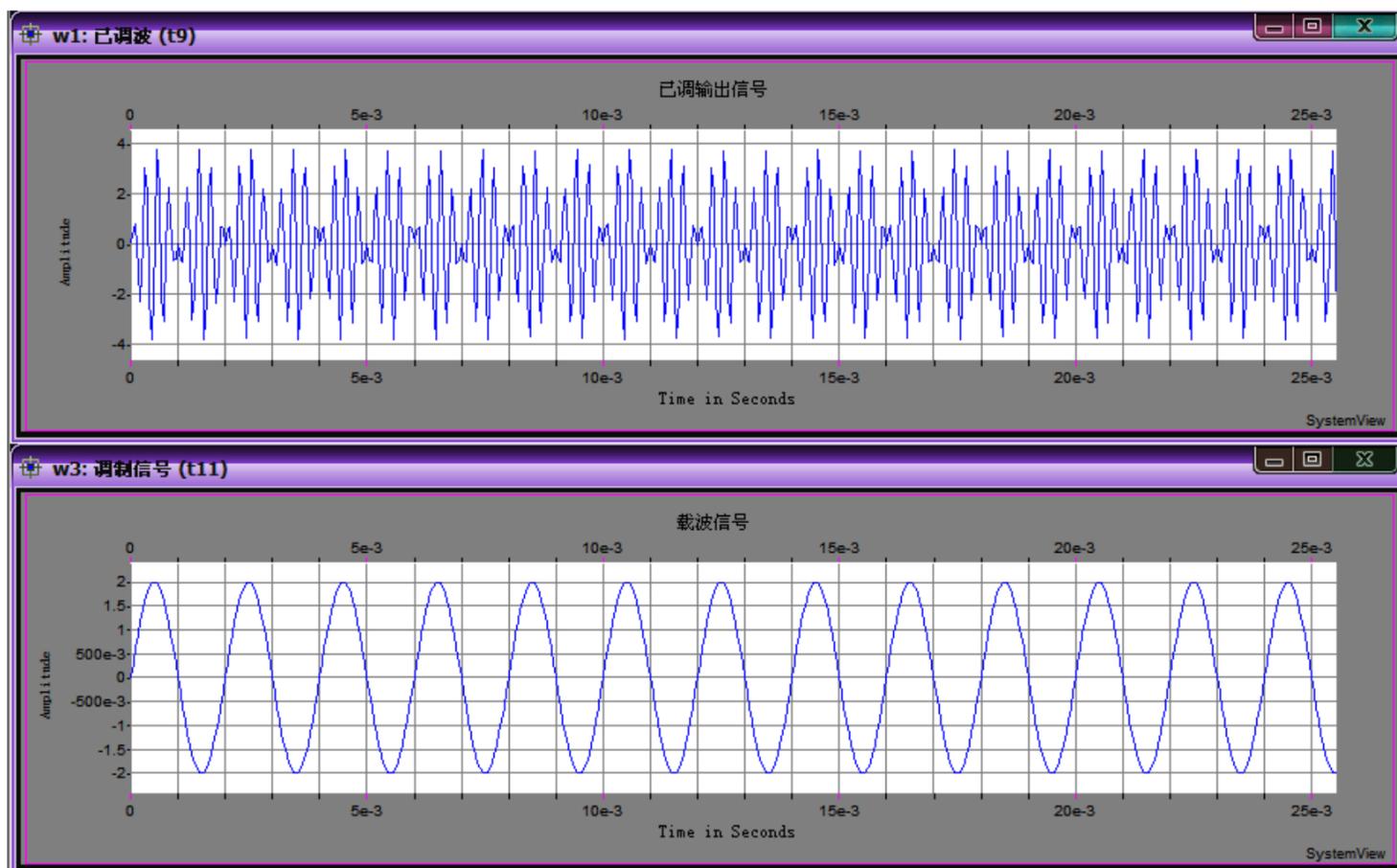


图 4 已调信号与载波信号

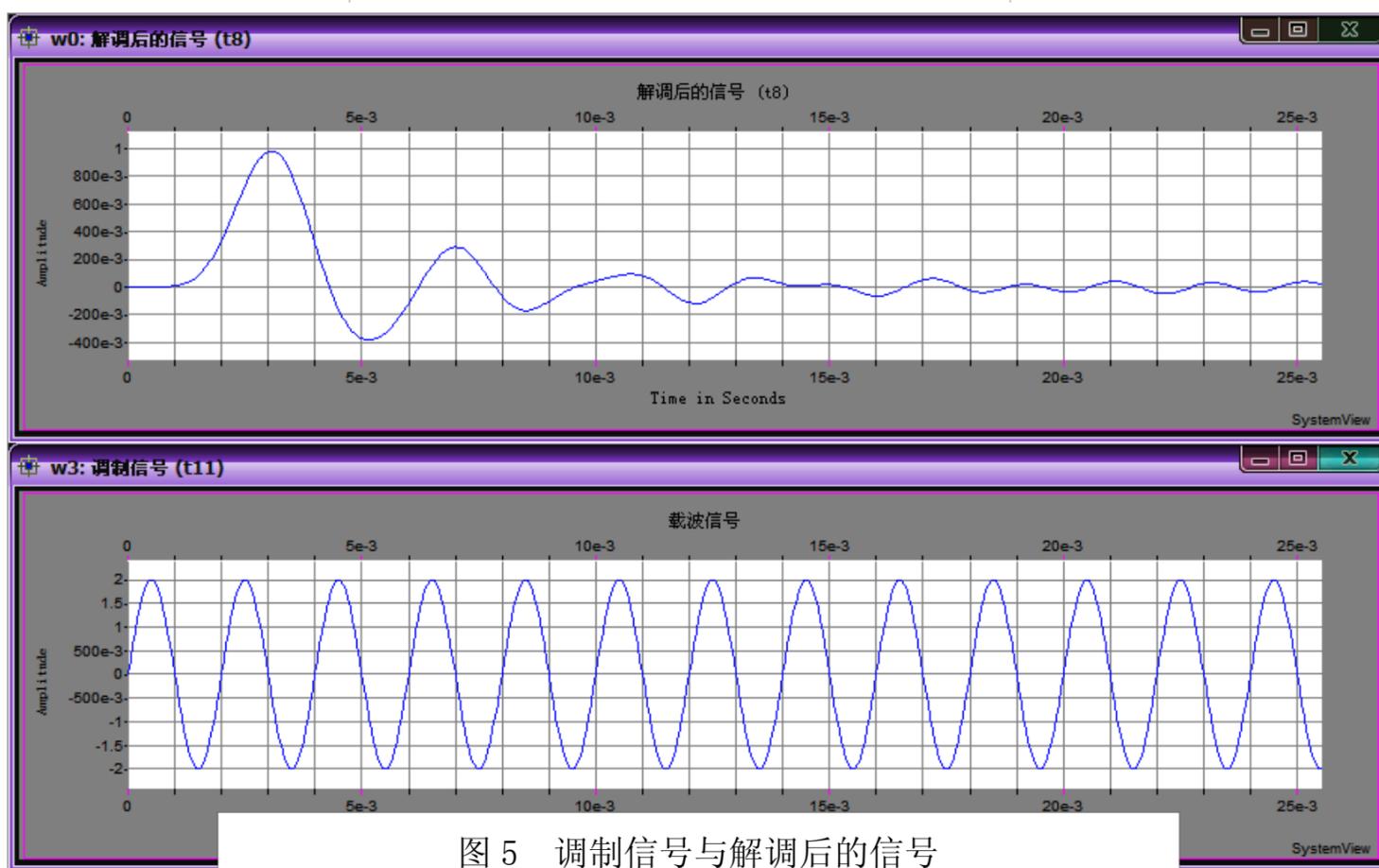


图 5 调制信号与解调后的信号

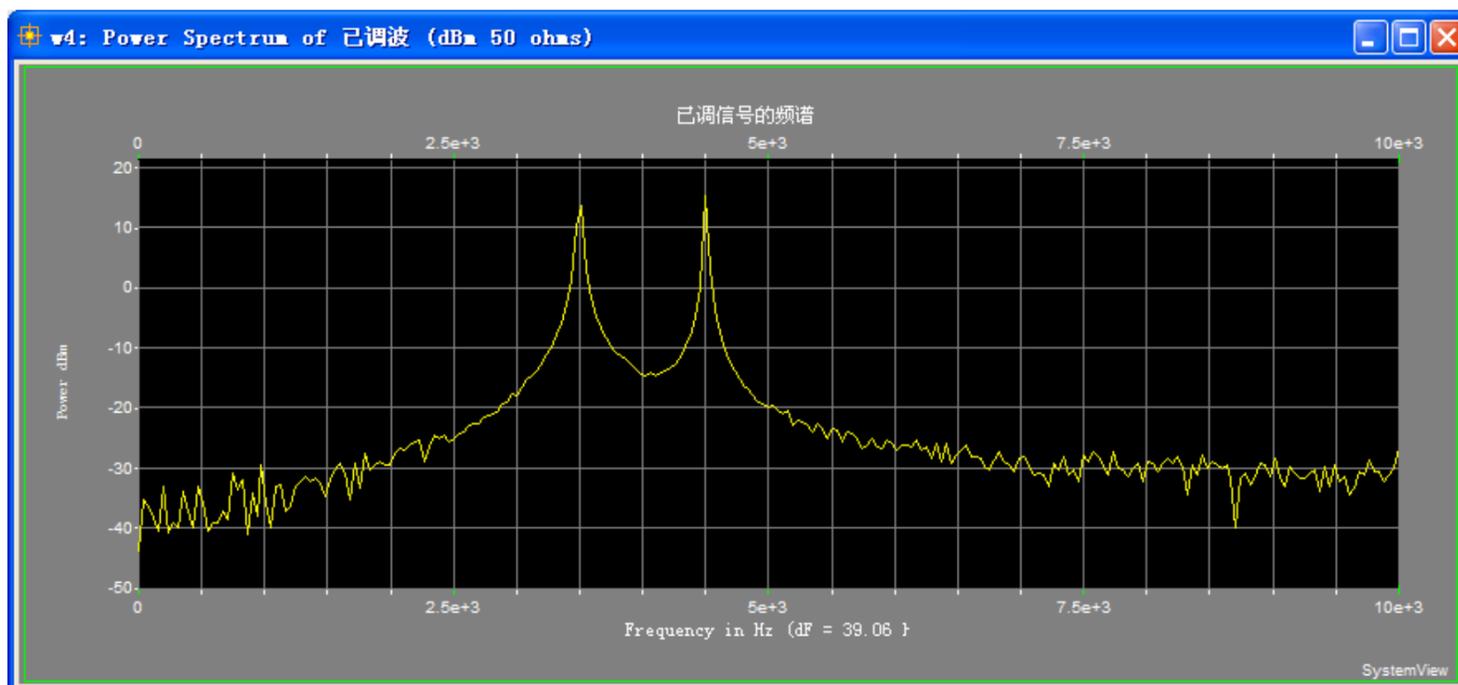


图 6 已调信号的频谱

2.3 DSB 调制解调系统

2.3.1 DSB 调制解调原理

(1) 调制原理

在图 1 中, 如果输入的基带信号没有直流分量, 且 $h(t)$ 是理想的带通滤波器, 则该基带信号与载波相乘就得到双边带信号 (DSB 信号), 或称双边带抑制载波信号。其表达式为

$$s_m(t) = m(t) \cos \omega_c t$$

(2) 解调原理

DSB 信号只能用相干解调的方法进行解调, DSB 信号的解调模型与 AM 信号相干解调时完全相同, 其组成方框图如图 2。此时, 乘法器输出为:

$$s_{DSB}(t) \cos \omega_c t = m(t) \cos^2 \omega_c t = \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos 2\omega_c t$$

经低通滤波器滤除高次项, 得

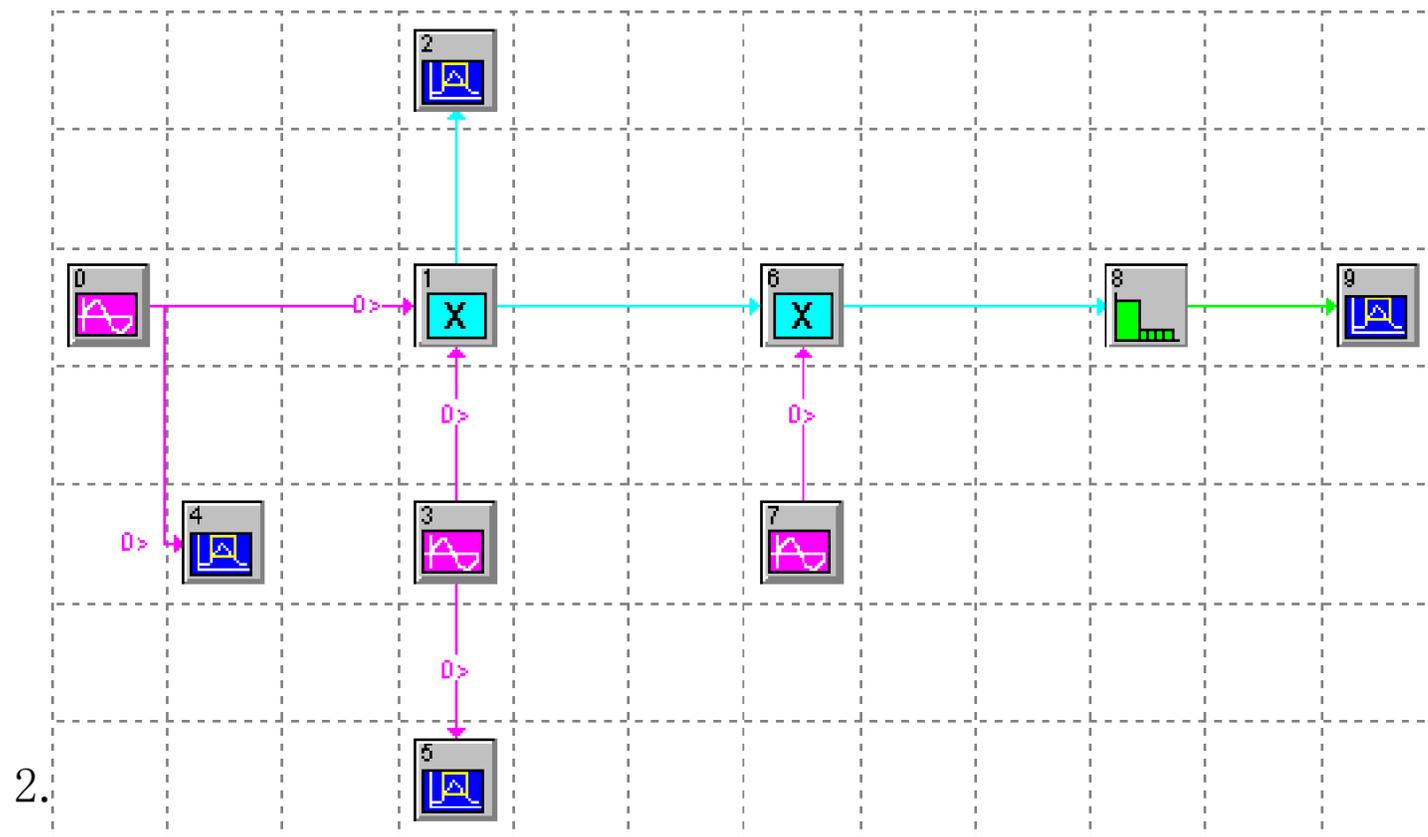
$$m_o(t) = \frac{1}{2} m(t)$$

即无失真地恢复出了基带信号。

根据以上 DSB 信号的调制与解调原理, 用 system view 仿真的电路图如图 7 所示。

根据以上原理, 参数设置为: 基带信号幅值: 1V; 基带信号频率: 10Hz
载波信号幅值: 1V; 载波频率: 100Hz; 低通滤波器的截止频率为 120Hz;
系统所设时钟为 3000Hz。

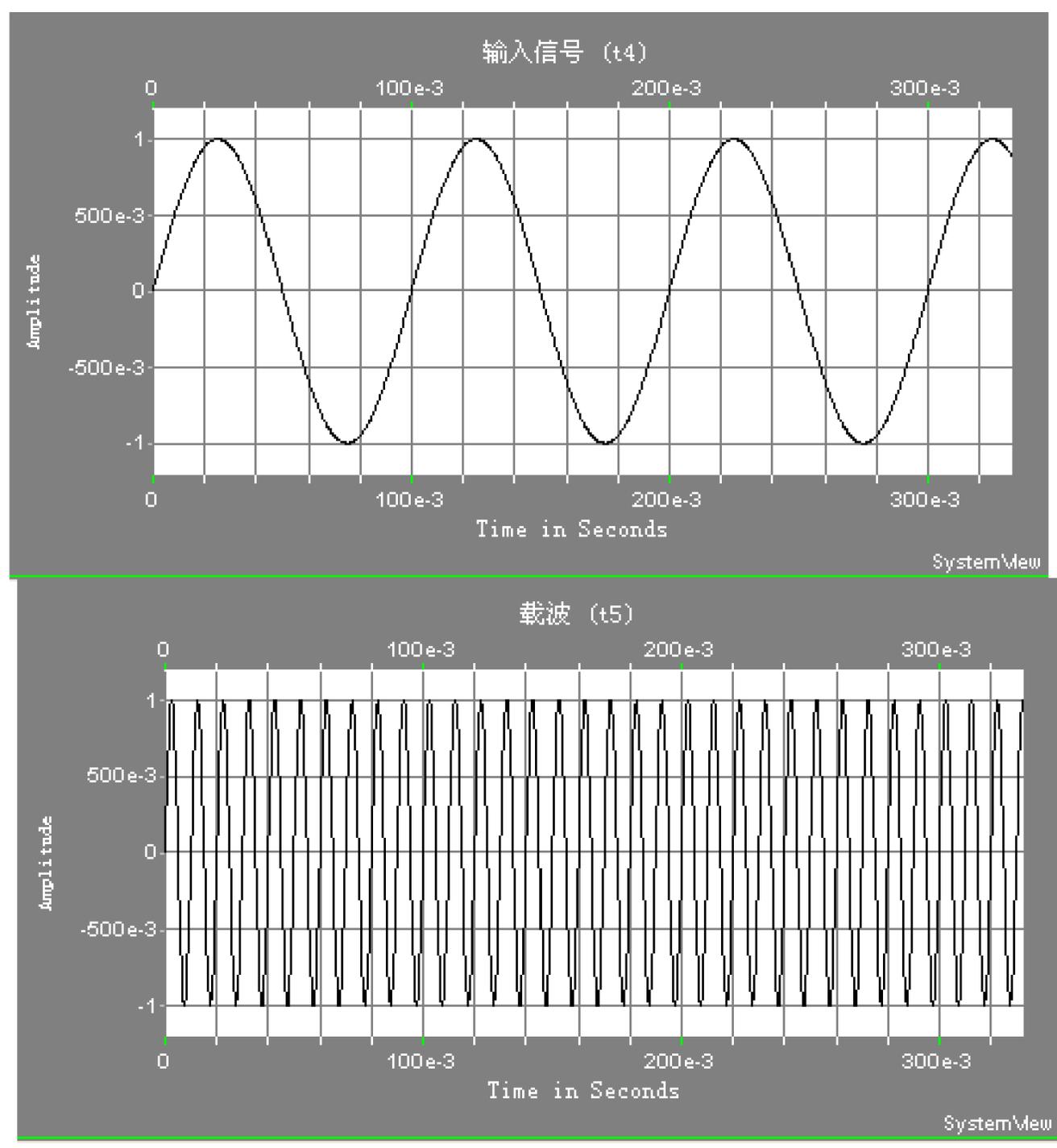
SystemView 仿真图如图 7 所示:



2.

1. 经过仿真调试后通过分析窗口可以观察基带信号，载波，调制所得的 DSB 波形及其频谱图，以及经相干解调后恢复仿真波形。

(1) 基带信号的波形如图 8 所示：



(3) 经调制后的 DSB 波形及频谱图如图 10 和图 11 所示:

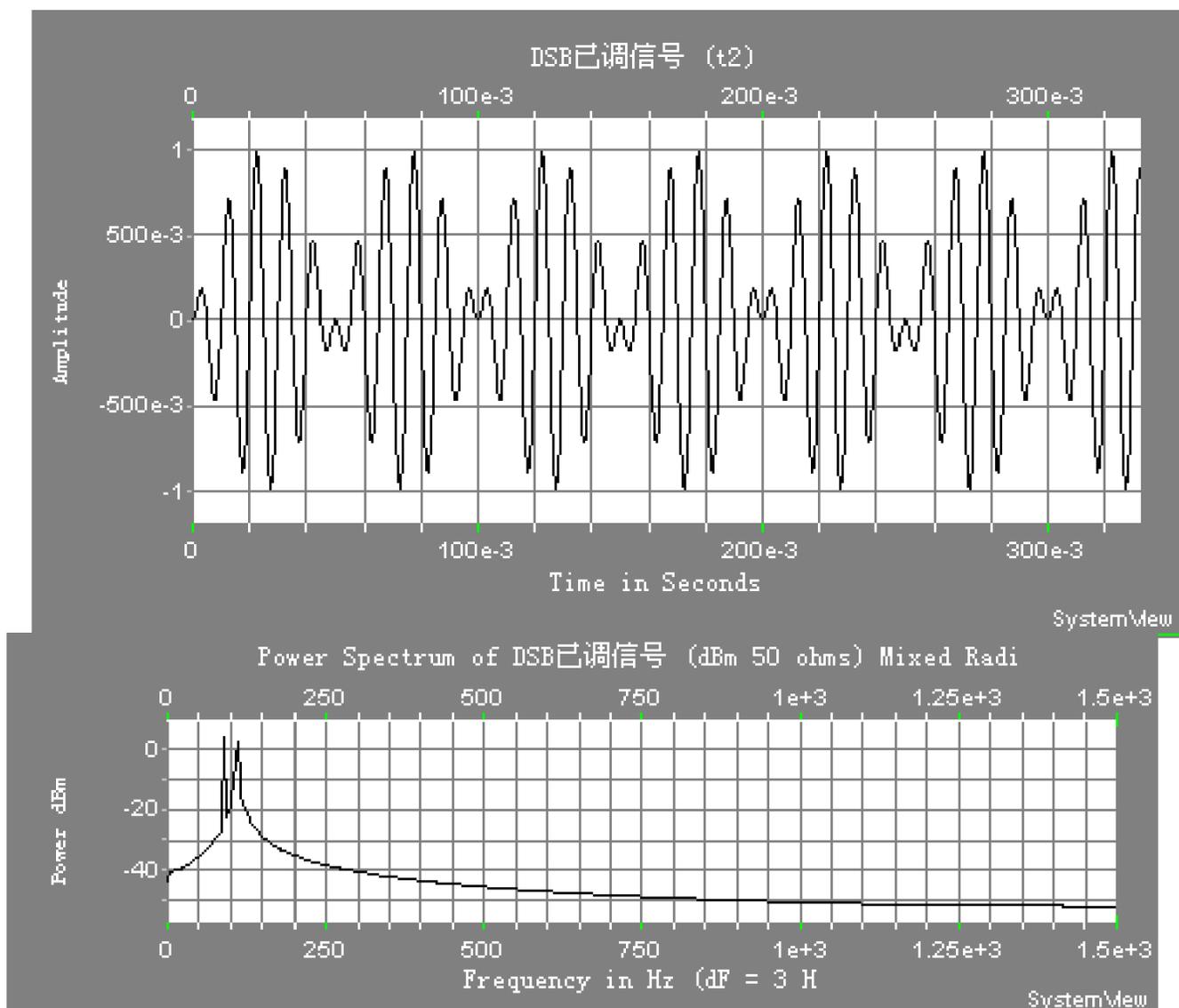
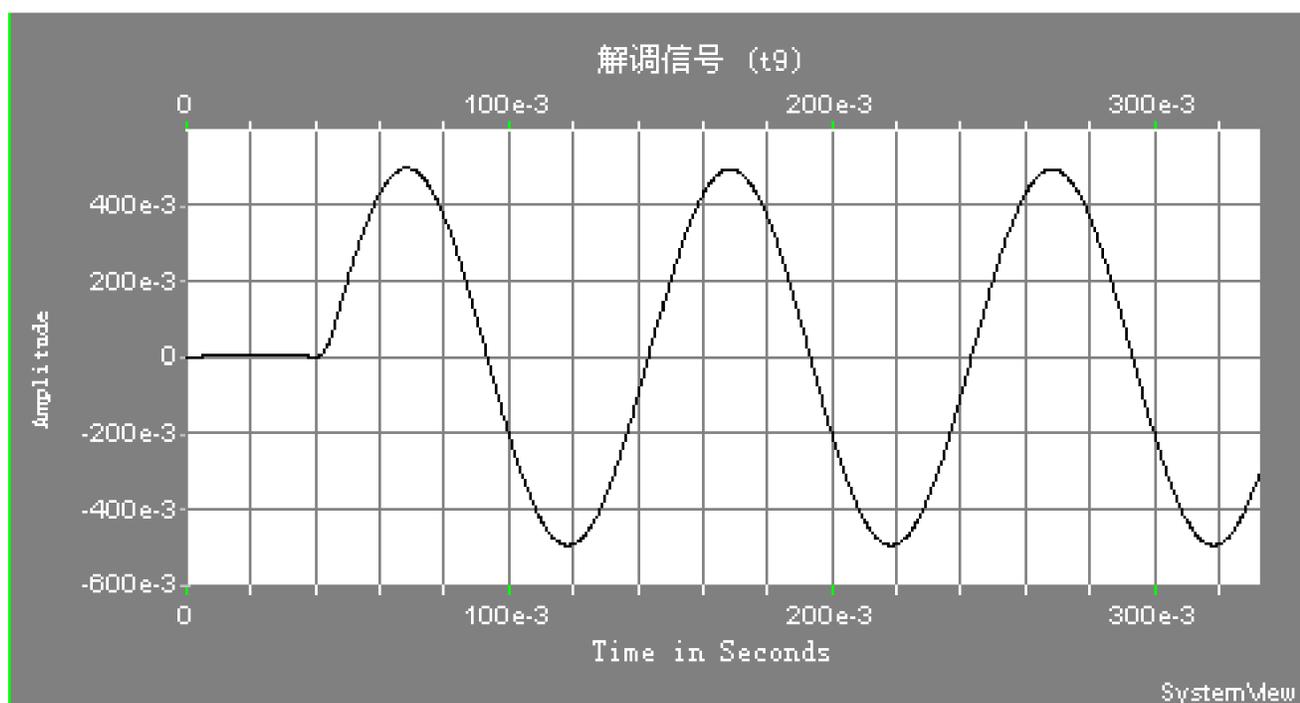


图 11 经调制后的 DSB 频谱图

(4) 经过相干解调后恢复出来的信号如图 12 所示:



2. 仿真结果分析

DSB 调制为线性调制的一种, 由图 10 可以看出, 在波形上, DSB 调制信号有明显的包络, 且存在反相点, 占用频带宽度比较宽, 为基带信号的 2 倍; 由图

12 可以看出，在频谱上，DSB 信号不存在载波分量，即没有离散谱，只有上下边带两部分，调制效率为 100%，即全部功率都用于信息传输。由于 DSB 信号的包络不再与调制信号的变化规律一致，因此采用相干解调，低通滤波器的截止频率为 120Hz，经相干解调后，与原信号波形一致，稍微存在一些延时。

2.4 SSB调制解调系统

2.4.1 SSB调制解调原理

1.调制原理；双边带已调信号包含有两个边带，即上、下边带。由于这两个边带包含的信息相同，从信息传输的角度来考虑，传输一个边带就够了。所谓单边带调制，就是只产生一个边带的调制方式。故易知在 DSB 调制后加适当截止频率的高通或低通滤波器便可产生相应 SSB 信号。

通过低通滤波器后产生的下边带 SSB 信号，表达式为：

$$s_m(t) = 0.5m(t) \cos c(t) - 0.5\hat{m}(t) \sin c(t)$$

通过高通滤波器后产生的上边带 SSB 信号，表达式为：

$$s_m(t) = 0.5m(t) \cos c(t) + 0.5\hat{m}(t) \sin c(t)$$

原理图如图 13 所示。

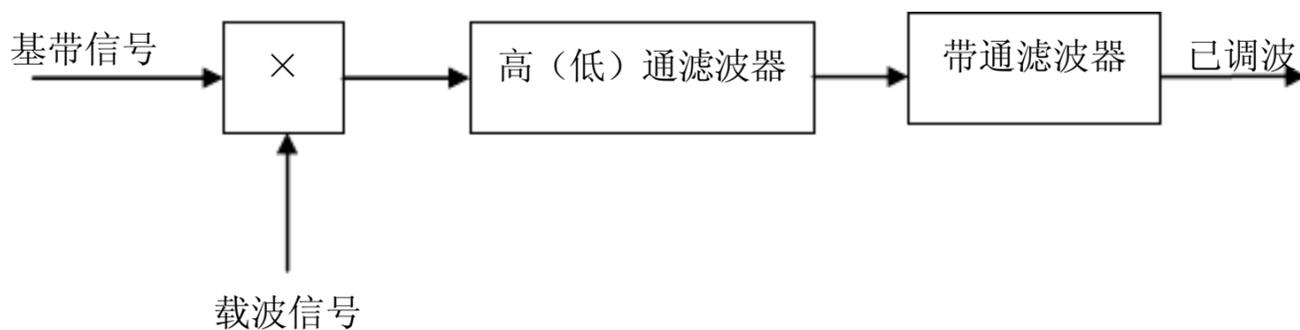


图 13 SSB 调制系统原理图

但是由于滤波器的截止特性不理想，这里采用移相法来设计。

设调制信号的单频信号 $f(t) = A_m \cos \omega_m t$ ，载波为 $c(t) = \cos \omega_c t$ ，则

调制后的双边带时域波形为

$$s_{DSB}(t) = A_m \cos \omega_m t \cos \omega_c t = \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t$$

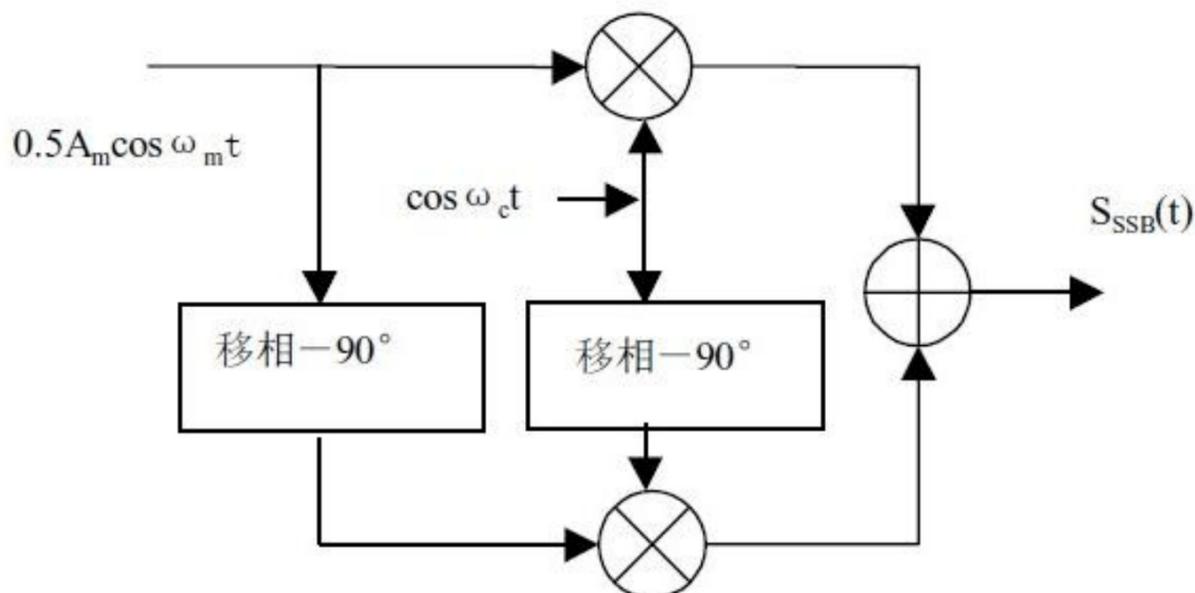
保留上边带，波形为

$$s_{USB}(t) = \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t - \frac{A_m}{2} \sin(\omega_c - \omega_m)t + \frac{A_m}{2} \sin(\omega_c + \omega_m)t$$

保留下边带，波形为

$$s_{LSB}(t) = \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{A_m}{2} \cos(\omega_c + \omega_m)t - \frac{A_m}{2} \sin(\omega_c + \omega_m)t + \frac{A_m}{2} \sin(\omega_c - \omega_m)t$$

上两式中的第一项与调制信号和载波信号的乘积成正比，称为同相分量；而第二项的乘积则是调制信号与载波信号分别移相 90°后相乘的结果，称为正交分量。因此移相法的原理图如图 14 所示。



SSB 调制信号不能用于普通调频解调。普通调频解调原理的线性解调原理相同，解调原理图如图 2-2 所示。

2.4.2 SSB调制解调系统仿真设计

根据以上 SSB 信号的调制与解调原理，用 system view 仿真的电路图如图 2-12 所示。

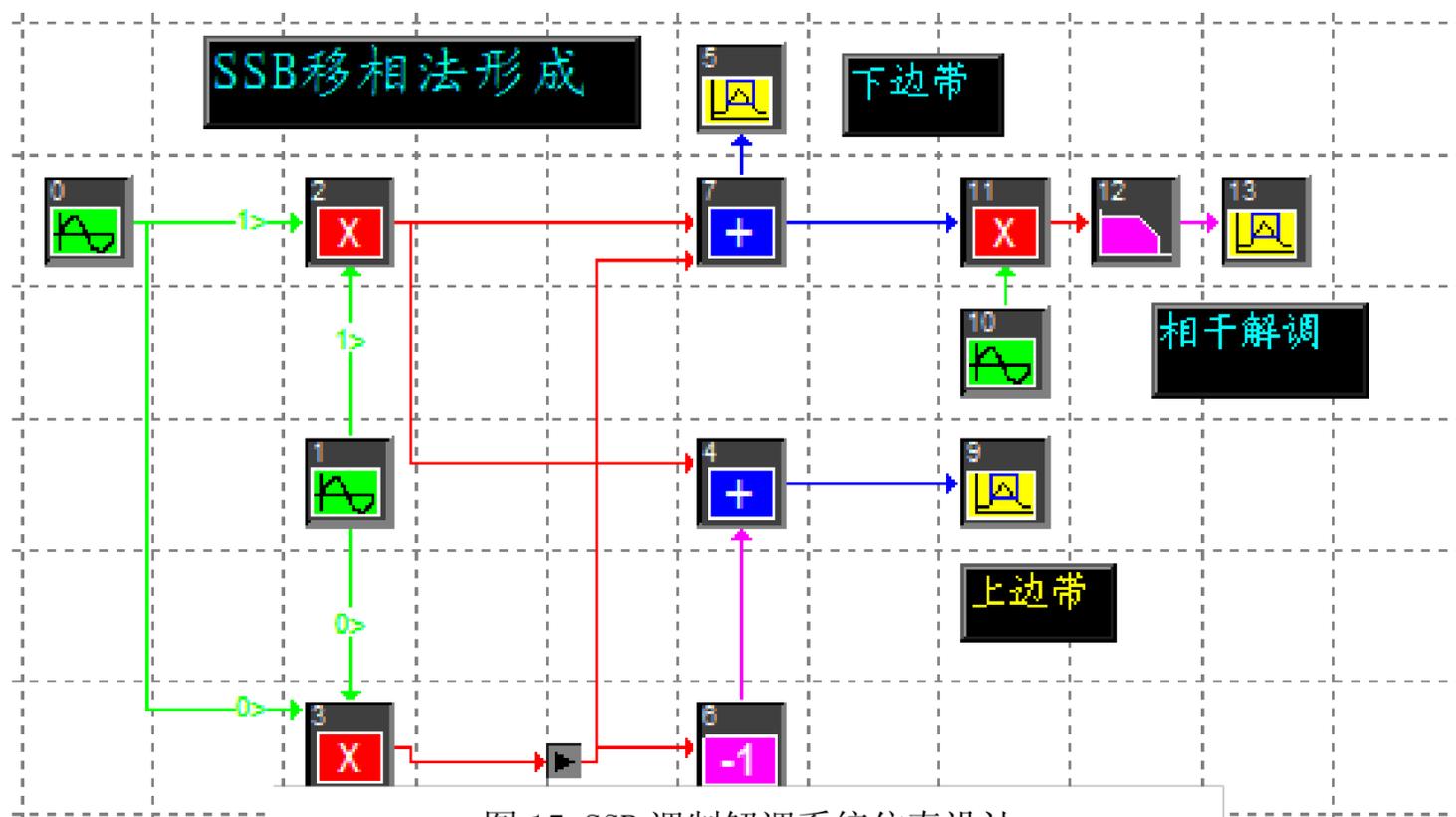


图 15 SSB 调制解调系统仿真设计

具体设计参数为：

基带信号：幅值 2V，频率 500Hz；载波信号：幅值 2V，频率 4000Hz

2.4.3 SSB 调制解调仿真波形及分析

1. 经过仿真调试后通过分析窗口可以观察基带信号，载波，调制所得的 DSB 波形及其频谱图，以及经相干解调后恢复仿真波形。

(1) 输入信号的波形如图 16 所示：

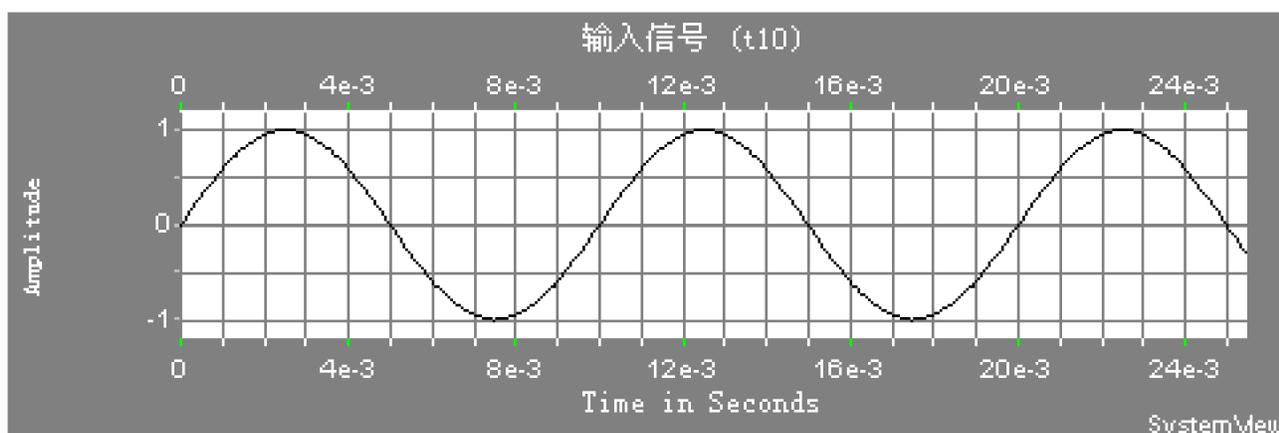


图 16 输入信号波形图

(2) 经调制后的 SSB 波形如图 17, 18所示:

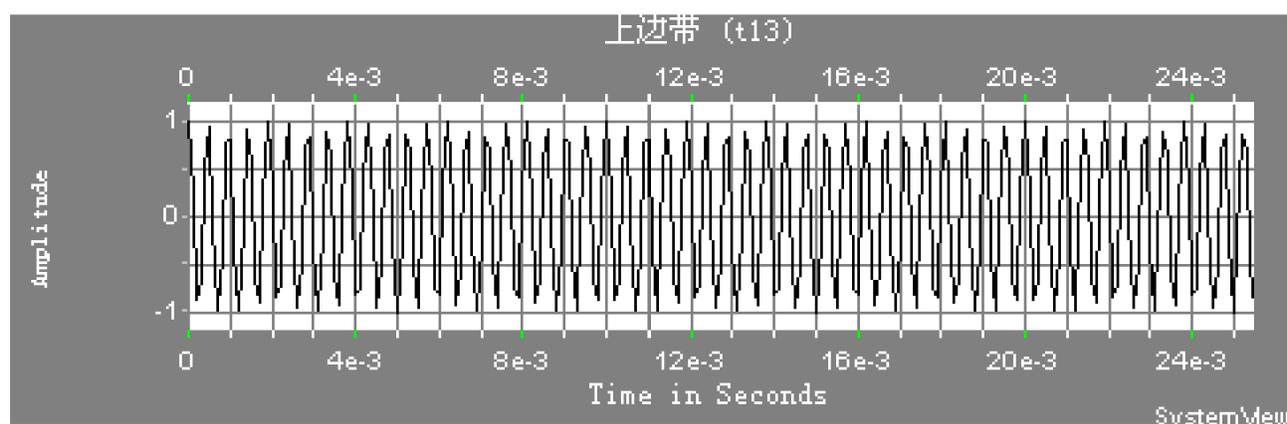
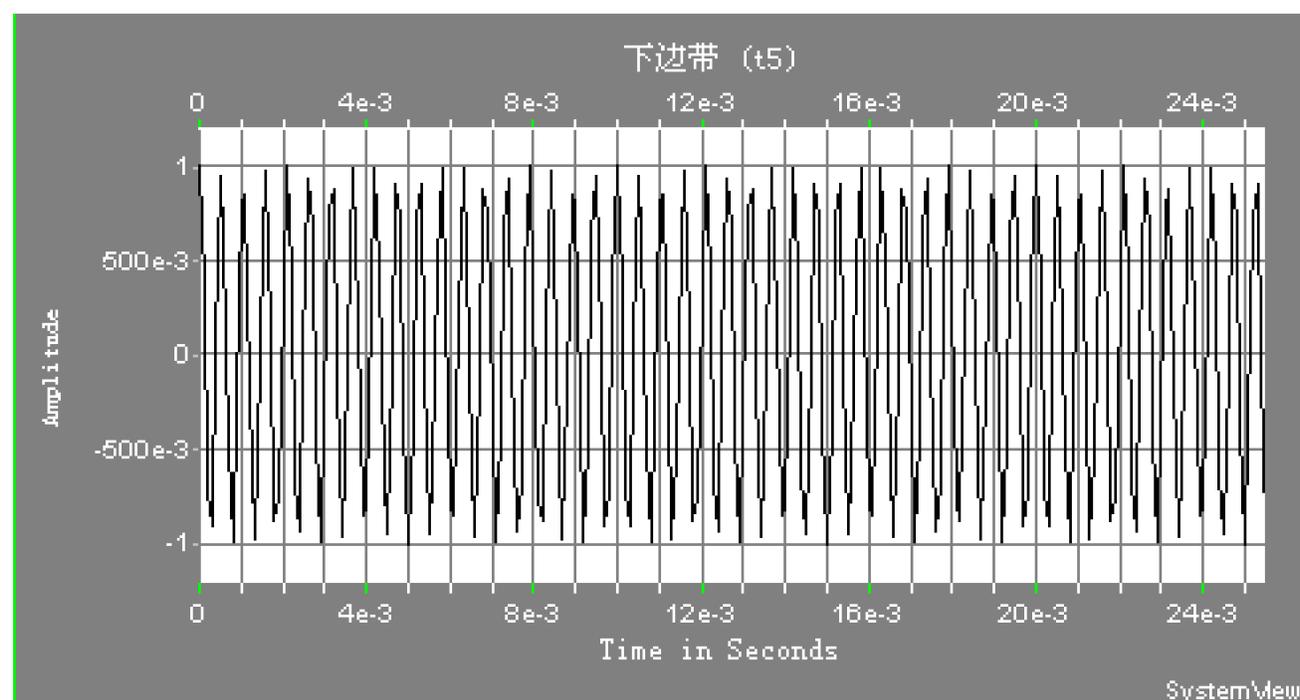


图 17 SSB 上边带波形图



(3) 频谱图如图 19, 20所示:

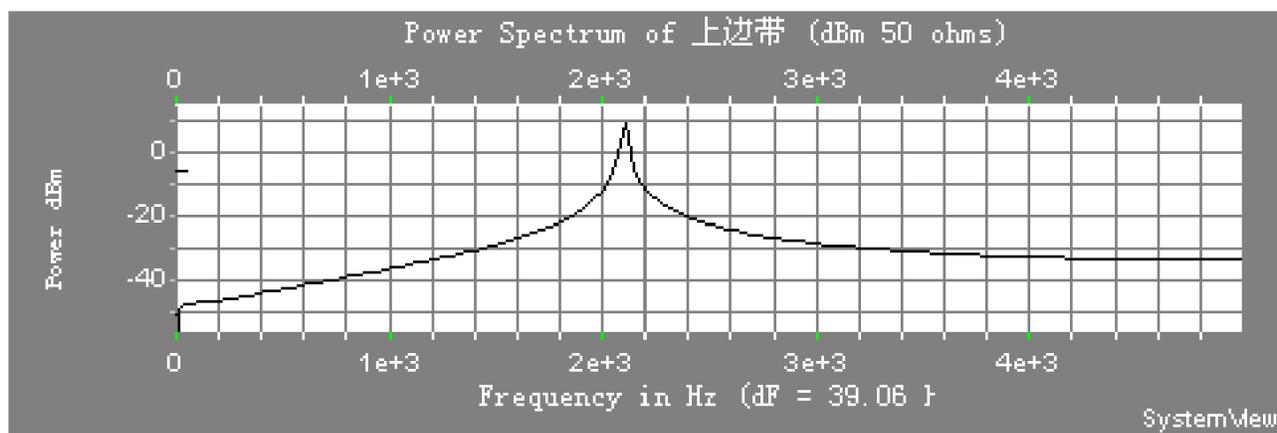


图 19 SSB 上边带频谱图

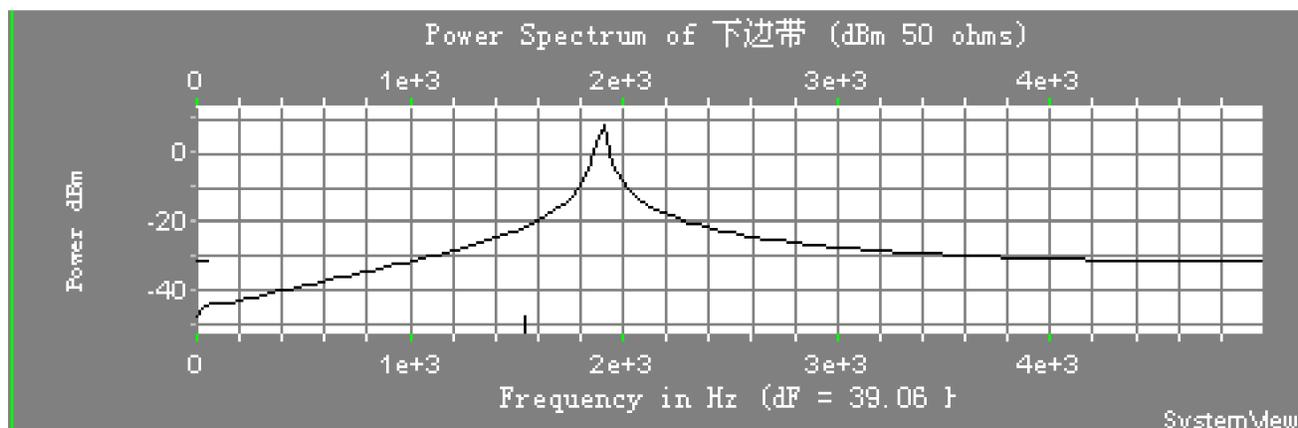


图 20 SSB 下边带频谱图

(4) 经相干解调后的波形如图 21, 22所示:

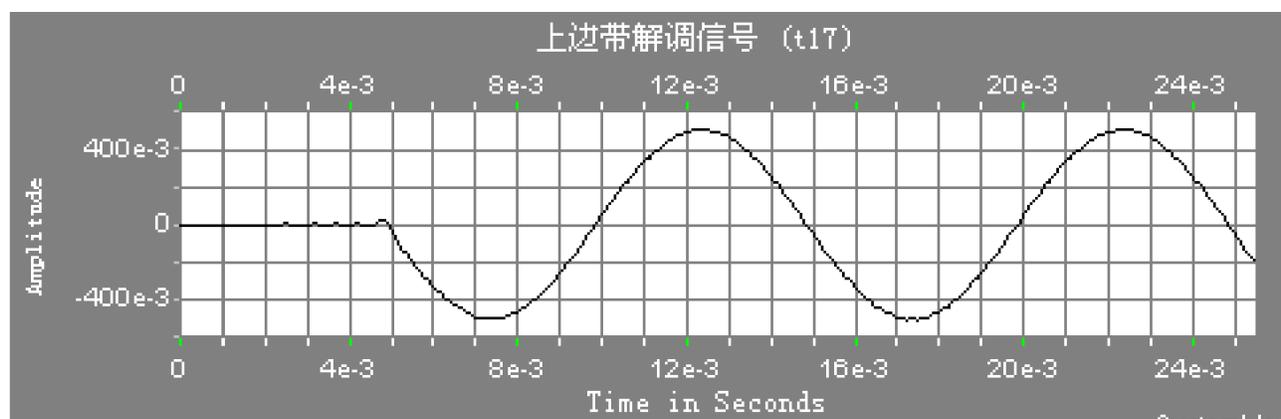
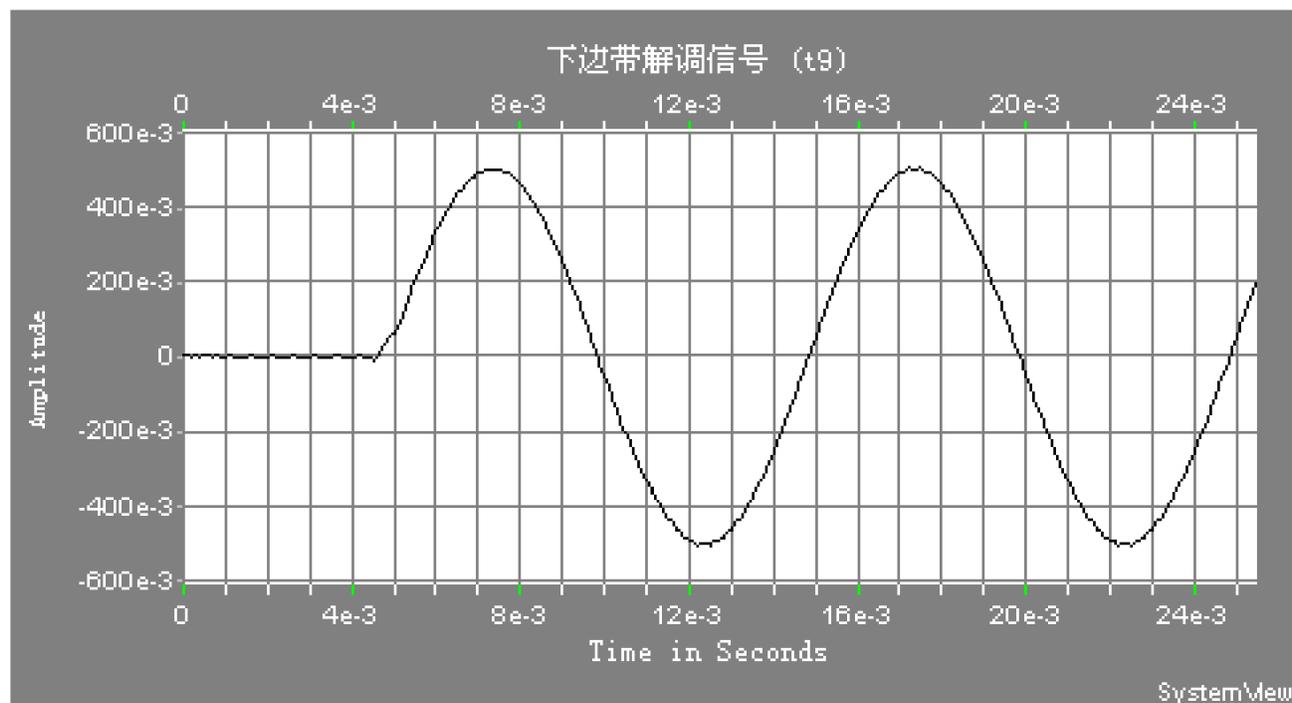


图 21 SSB 上边带解调后波形图



2. 仿真结果分析

SSB 调制信号与 DSB 调制信号的波形及频谱基本一致,与 DSB 相比较,SSB 信号是将双边带信号中的一个边带滤掉而形成的,只包含了一个边带的信号,节省了带宽资源,调制效率仍是 100% , 带宽利用率高。由于 SSB 信号的包络也不再与调制信号的变化规律一致,因此采用相干解调,经相干解调后的波形与原输入波形一致,有稍微的延时。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/176232044014011010>