1 绪论

通信按照传统的理解就是信息的传输，信息的传输离不开它的传输工具，通信系统应运而生，我们此次课题的目的就是要对调制解调的通信系统进行仿真研究。

有调制器，接收端要有解调器，这就用到了调制技术，调制可分为模拟调制和数字调制，模拟调制。模拟调制常用的方法有 AM 调制、DSB 调制、SSB 调制；数字调制常用的方法有 BFSK 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。

随着通信技术的发展日新月异，通信系统也日趋复杂。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 Automatic)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，使得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 SystemView 动态系统仿真软件，是一个比较流行的，优秀的仿真软件。

SystemView 是一个信号级的系统仿真软件，主要用于电路与通信系统的设计、仿真、能满足从信号处理、滤波器设计，到复杂的通信系统等要求。SystemView 借助大家熟悉的 Windows 窗口环境，以模块化和交互式的界面，为用户提供一个嵌入式的分析引擎。SystemView 仿真系统的主要特点有：能仿真大量的应用系统；能快速方便地进行动态系统设计与仿真；在本文中可以方便地加入 SystemView 的结果；完备的滤波和线性设计；先进的信号分析和数据处理；完善的自我诊断功能等。SystemView 由两个窗口组成，分别是系统设计窗口的分析窗口。系统设计窗口，包括标题栏、菜单栏、工具条、滚动条、提示栏、图符库和设计工作区。所有系统的设计、搭建等基本操作，都是在设计窗口内完成。分析窗口包括标题栏、菜单栏、工具条、流动条、活动图形窗口和提示信息栏。提示信息栏显示分析窗口的状态信息、坐标信息和指示分析的进度；活动图形窗口显示输出的各种图形，如波形等。分析窗口是用户观察 SystemView 数据输出的基本工具，在窗口界面中，有多种选项可以增强显示的灵活性和系统的用途等功能。在分析窗口最为重要的是接收计算器，利用这个工具我们可以获得输出的各种数据和频域参数，并对其进行分析、处理、比较，或进一步的组合运算。例如信号的频谱图就可以很方便的在此窗口观察到。

2 软件 SystemView 的介绍

SystemView 是一个信号级的系统仿真软件，主要用于电路与通信系统的设计、仿真、能满足从信号处理、滤波器设计，到复杂的通信系统等要求。SystemView 借助大家熟悉的 Windows 窗口环境，以模块化和交互式的界面，为用户提供一个嵌入式的分析引擎。

SystemView 由两个窗口组成，分别是系统设计窗口的分析窗口。系统设计窗口，包括标题栏、菜单栏、工具条、滚动条、提示栏、图符库和设计工作区。所有系统的设计、搭建等基本操作，都是在设计窗口内完成。分析窗口包括标题栏、菜单栏、工具条、流动条、活动图形窗口和提示信息栏。提示信息栏显示分析窗口的状态信息、坐标信息和指示分析的进度；活动图形窗口显示输出的各种图形，如波形等。分析窗口是用户观察 SystemView 数据输出的基本工具，在窗口界面中，有多种选项可以增强显示的灵活性和系统的用途等功能。在分析窗口最为重要的是接收计算器，利用这个工具我们可以获得输出的各种数据和频域参数，并对其进行分析、处理、比较，或进一步的组合运算。例如信号的频谱图就可以很方便的在此窗口观察到。

使用 SystemView,我们不用关心项目的设计思想和过程，而不用花费大量的时间去编程建立系统仿真模型。我们只用鼠标点击器图标即可完成系统的建模、设计和测试，而不用学习复杂的计算机程序编制，也不必担心程序中是否存在编程错误。

SystemView 仿真系统具有许多的优点：

1.能仿真大量的应用系统。

能在 DSP、通讯和控制系统应用中构造复杂的模拟、数字、混合和多速率系统。具有大量的可选择的库，允许用户有选择地增加通讯、逻辑、DSP 和射频/模拟功能模块。特别适合于无线电话、无绳电话、调制解调器以及卫星通信系统等的设计；课进行各种系统是与/频域分析和谱分析；对射频/模拟电路进行理论分析和失真分析。

2.快速方便的动态系统设计与仿真。

SystemView 图标库包括几百种信号源、接收端、操作符合功能块，提供从 DSP、通信、信号处理、自动控制、直到构造通用数学模型等应用。信号源和接收端图标允许在 SystemView 内部生成和分析信号，并提供可外部处理的各种文件格式和输入/输出数据接口。

3.在报告中方便地加入 SystemView 的结论。

SystemView 通过 Notes(注释)很容易在屏幕上描述系统；生成的 SystemView 系统饿输出的波形图可以很方便地使用复制和粘贴命令插入微软 word 等文字处理器。

4.提供基于组织结构图方式的设计。

通过利用 SystemView 中的图符和 MetaSystem(子系统)对象的无限制分层结构功能，SystemView 能很容易地建立复杂的系统。

5.多速率系统和并行系统。

SystemView 允许合并多种数据采样率输入的系统，以简化 FIR 滤波器的执行。这种特性尤其适合于同时具有低频和高频部分的痛 ixnxitongd 而设计于仿真，有利于提供整个系统的仿真速度，而在局部又不会降低仿真的精度。同时还可以降低对计算机硬件配置的要求。

6.完备的滤波器和线性系统设计。

SystemView 包含一个功能强大的、很容易使用的图形模板设计模拟和数字以及离散和连续时间系统的环境，还包含大量的 FIR/IIR 滤波类型和 FFT 类型，并提供易于用 DSP 实现滤波器或线性系统的参数。

7.先进的信号分析和数据块处理。

SystemView 提供的分析窗口是一个能够提供系统波形详细检查的交互式可视环境。分析窗口还提供一个能岁仿真生成数据进行先进的块处理操作的接受计算器。

SystemView 还提供了一个真实而灵活的窗口用以检查系统波形。内部数据的图形放大、缩小、滚动、谱分析、标尺以及滤波等，全部都是通过敲击鼠标器实现的。

8.课扩展性。

SystemView 允许用户插入自己用 C/C++编写的用户代码库，插入的用户库自动集成到 SystemView 中，如同系统内建的库一样使用。

9.完善的自我诊断功能。

SystemView 能自动执行系统连接检查，通知用户连接出错并通过显示指出出错的图符。这个特点对用户系统的诊断是十分有效的。

总之，SystemView 的设计者希望它成为一种强大有力的基于个人计算机的动态的通信系统仿真工具，以实现在不具备先进仪器的条件下同样也能完成复杂的通信系统设计与仿真。

3 模拟调制系统的设计与分析

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的设计与仿真。线性调制系统中，常用的方法有 AM 调制，DSB 调制，SSB 调制。

线性调制的一般原理：

载波： $s(t) = A\cos(\omega_c t + \varphi_0)$

调制信号： $s_m(t) = Am(t)\cos(\omega_c t + \varphi_0)$

式中 $m(t)$—基带信号。

线性调制器的一般模型如图 3-1

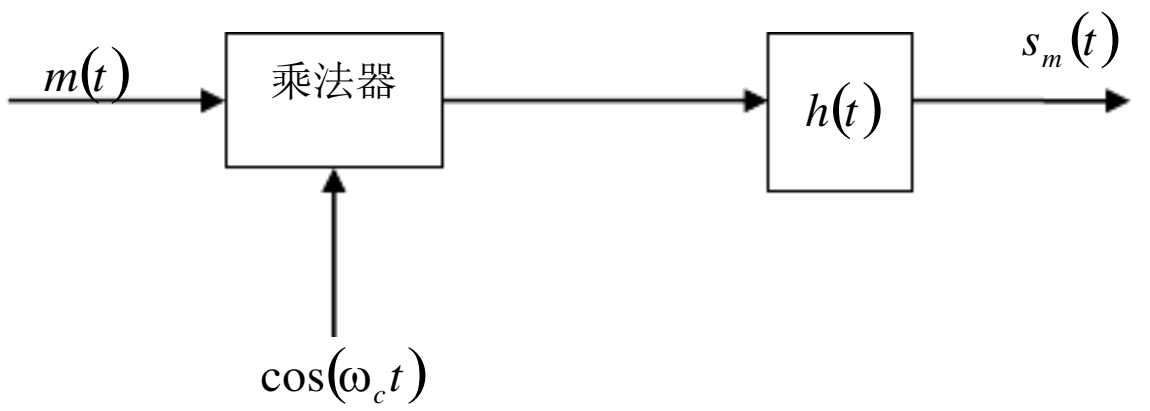

图 3-1 线性调制系统的一般模型

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。

线性解调器的一般模型如图 3-2

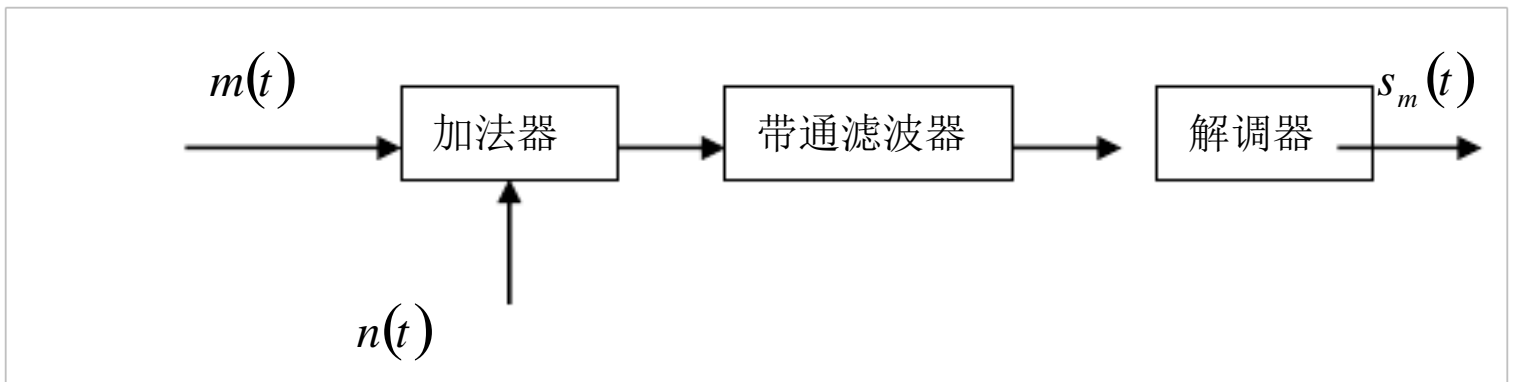

图 3-2 线性解调系统的一般模型

其中 $s_m(t)$—已调信号， $n(t)$—信道加性高斯白噪声

3.1 AM 调制

3.1.1 AM 调制解调原理

标准调幅就是常规双边带调制，简称调幅(AM)。假设调制信号 $m(t)$的平均值为 0，将其叠加一个直流分量 A_0 后载波相乘(图 3-3)，即可形成调幅信号。其时域表达式为

$$S_{AM} = \left[A_0 + m(t)\right]\cos\varpi_c t = A_0\cos\varpi_c t + m(t)\cos\varpi_c t$$

式中：A_0为外加的直流分量；$m(t)$可以是确知信号，也可以是随机信号。

设计的 AM 调制模型如图 3-3

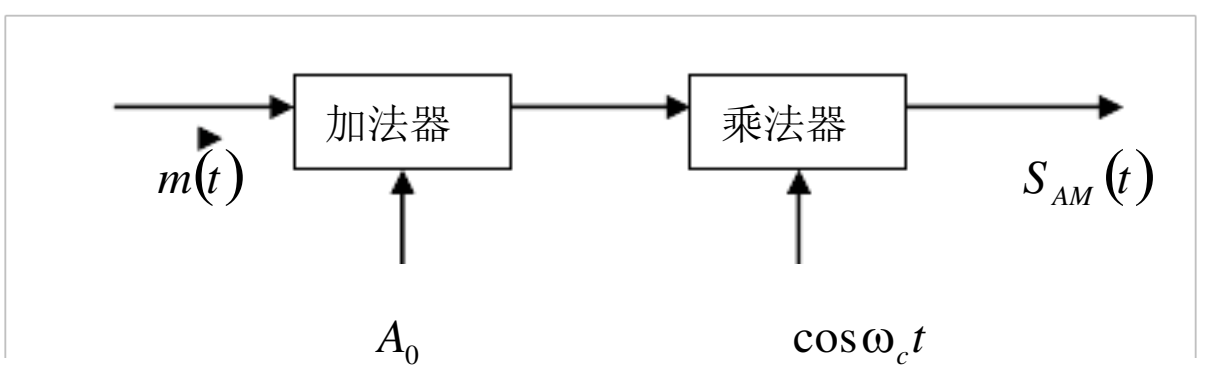

图 3-3 AM 调制模型

本电路采用了相干解调的方法进行解调，其组成方框图如图 3-4

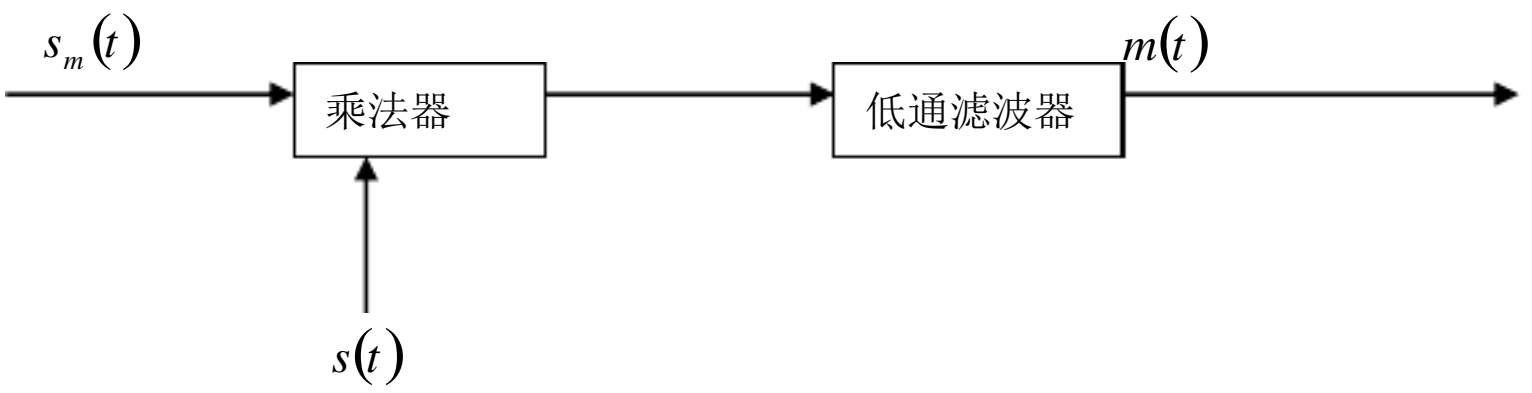

图 3-4 相干解调法组成框图

3.1.2 AM 调制解调仿真电路

根据以上原理用 SystemView 仿真出来的电路图如图 3-5

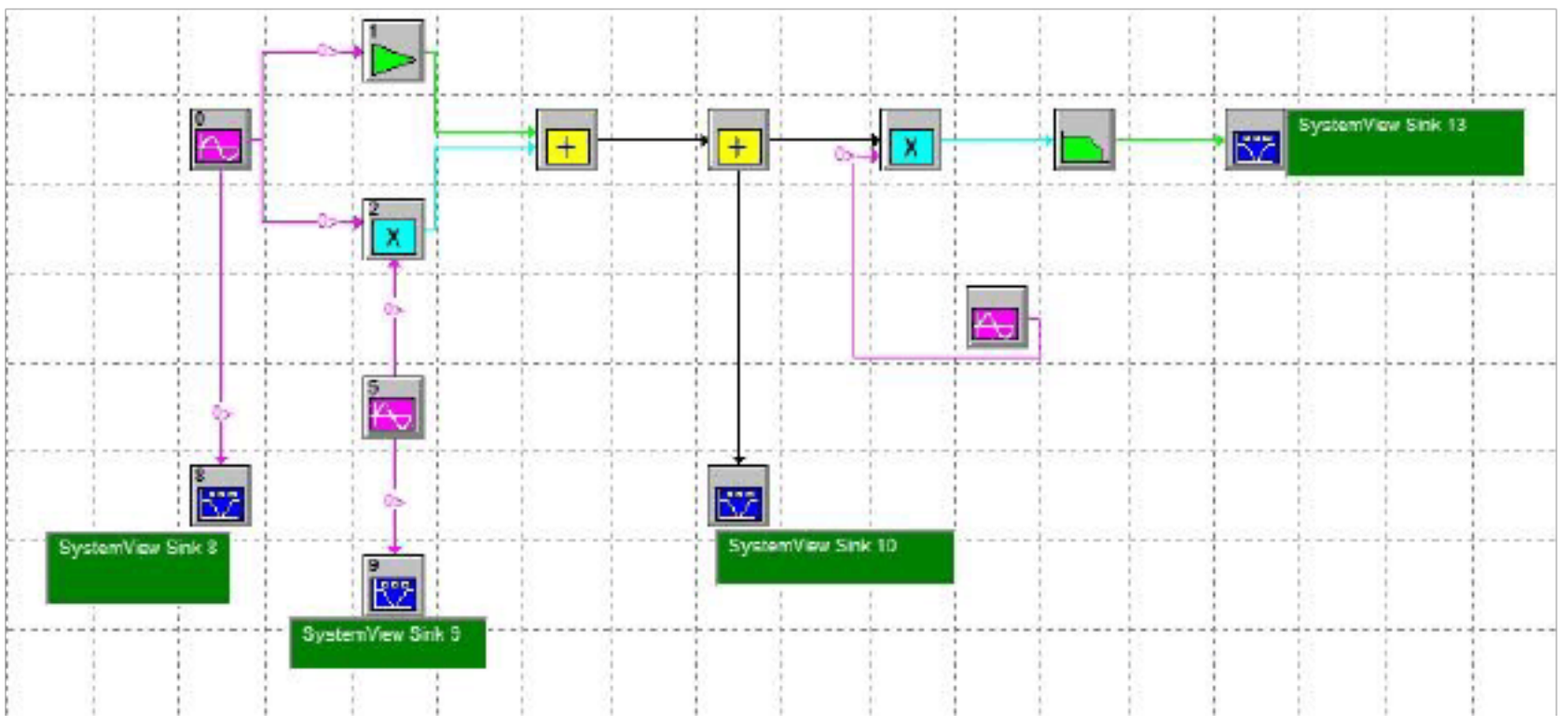

图 3-5 AM 调制系统的仿真图

具体参数：

调制信号幅值：1V

调制信号频率：10HZ

载波频率：450HZ

在此设计的通信系统中，信道内无高斯白噪声。

3.1.3 AM 调制解调仿真仿真波形

仿真后的波形如图 3-6

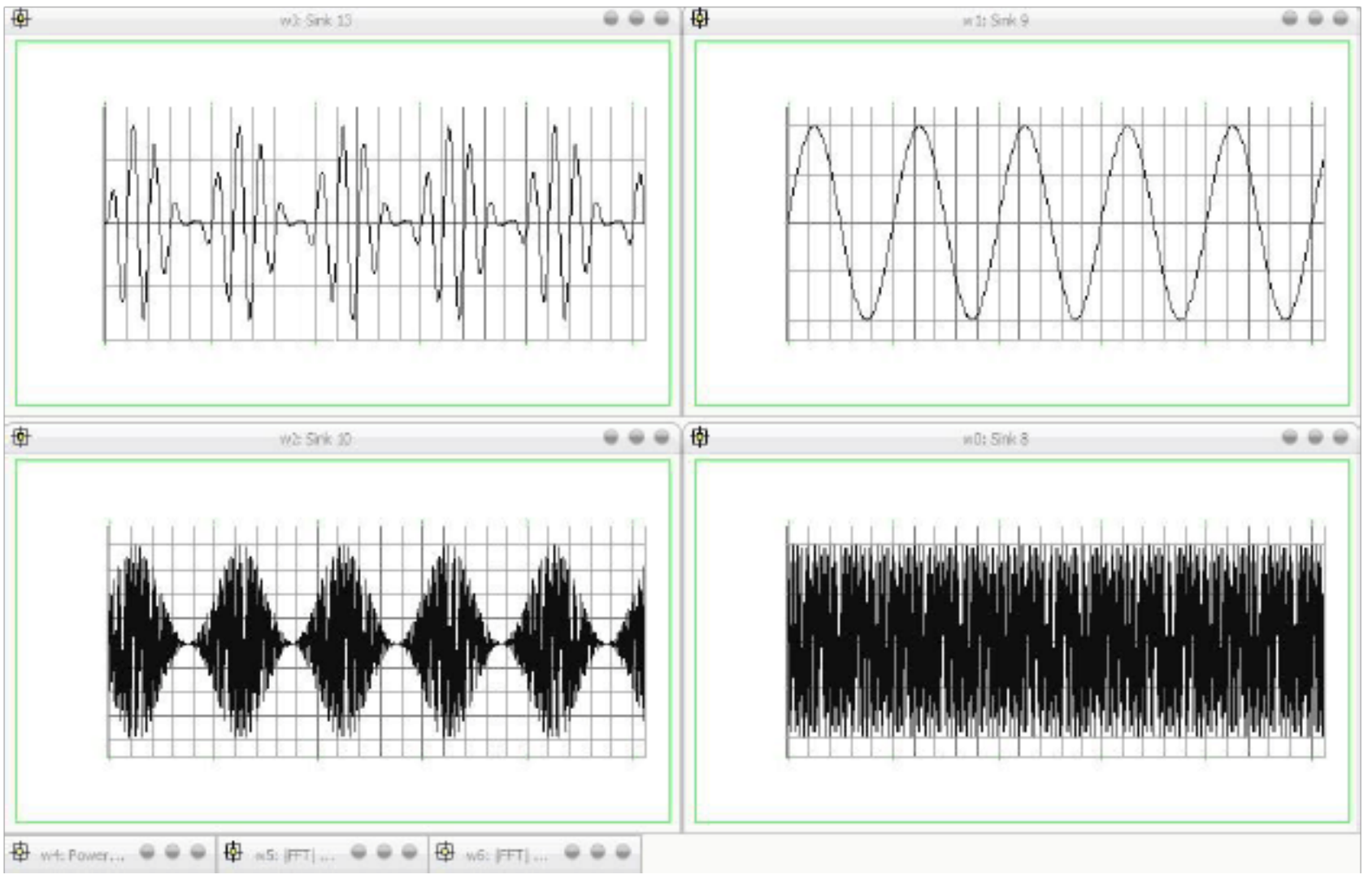

图 3-6 AM 调制系统仿真波形

其中基带信号频谱、已调信号频谱及解调后信号频谱如下图 3-7 所示

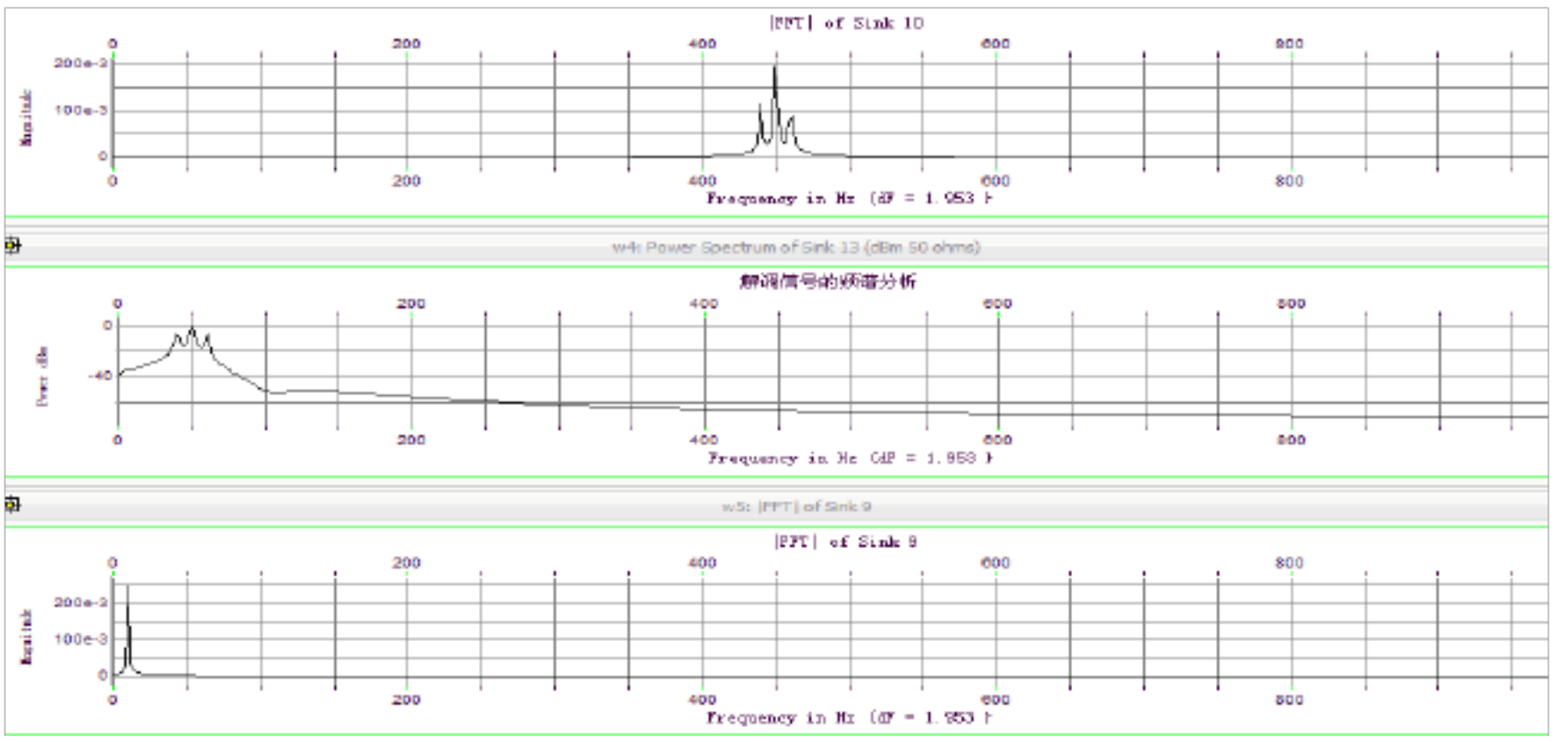

图 3-7 频谱比较图

3.1.4 AM 调制系统仿真结果分析

AM 调制为线性调制的一种，由图 3-6 可以看出，在波形上，已调信号的幅值随基带信号变化而呈正比地变化；由图 3-7 可以看出，在频谱结构上，它完全是基带信号频谱结构在频域内的简单搬移。用相干解调法解调出来的信号与基带信号基本一致，实现了无失真传输。

3.2 DSB 调制

3.2.1 DSB 调制解调原理

在图 3-3 中如果输入的基带信号没有直流分量，且$h(t)$是理想带通滤波器，则得到的输出信号便是无载波分量的双边带信号，或称双边带抑制载波(DSB-SC)信号，简称 DSB 信号，其时域表示式为

$$s_m(t) = A\cos(\omega_c t + \varphi_0)$$

设计的 DSB 调制及解调模型如图 3-8

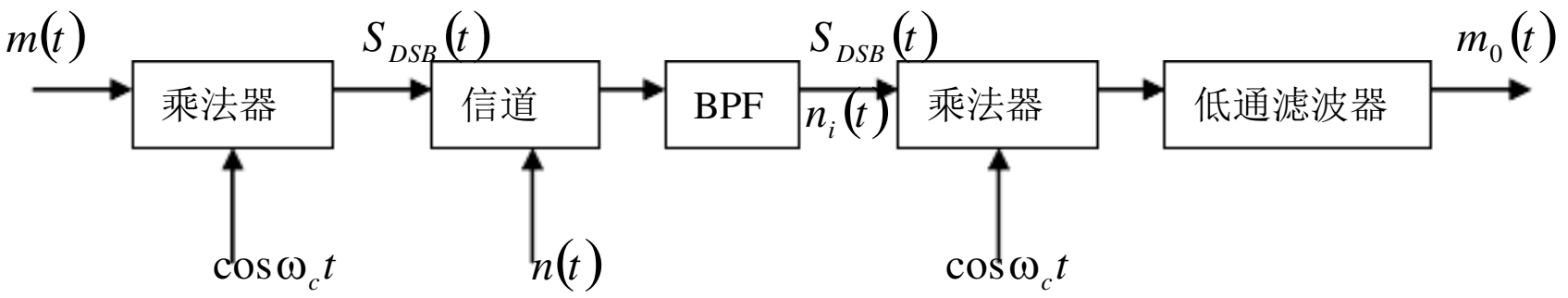

图 3-8 DSB 调制与解调模型

3.2.2 DSB 调制解调仿真电路

根据以上原理用 SystemView 仿真出来的电路图如图 3-9

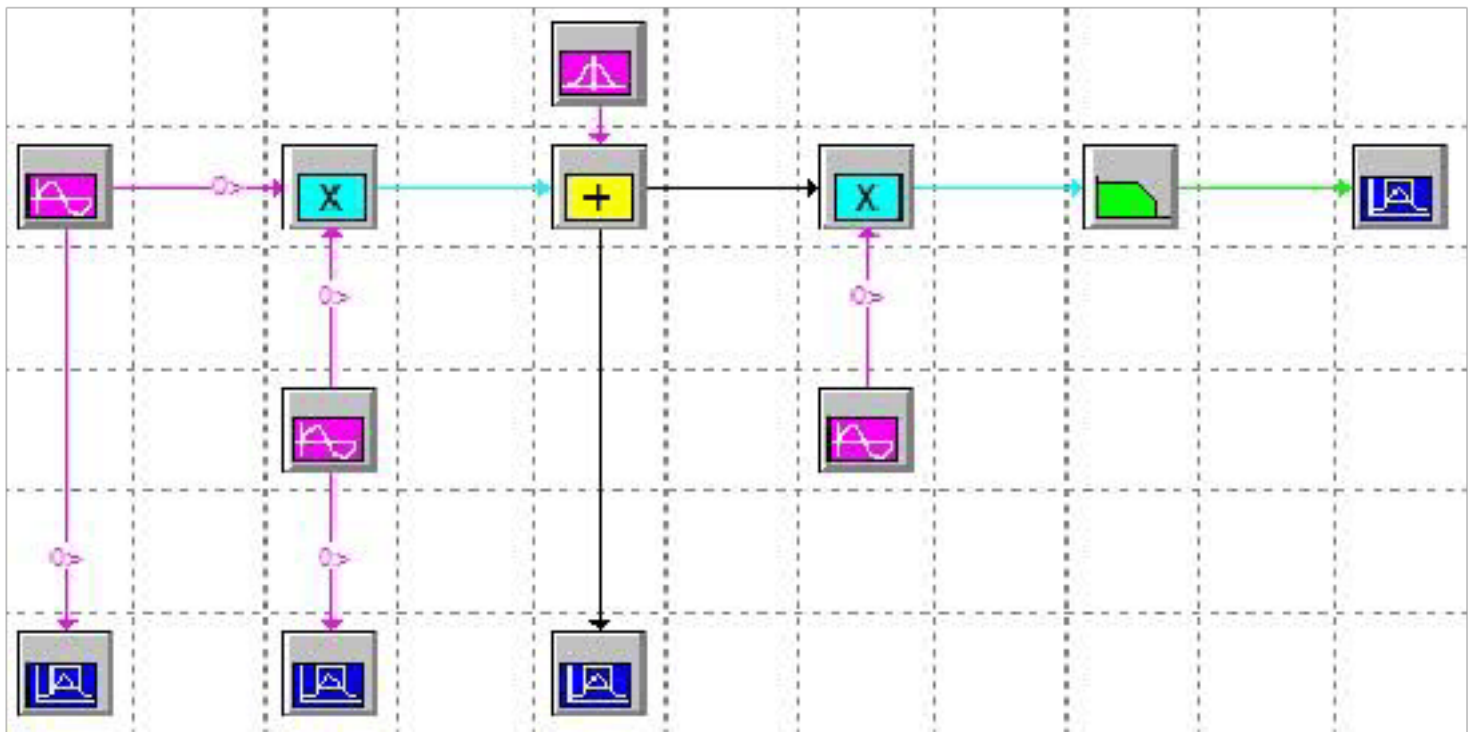

图 3-9 DSB 调制系统的仿真图

具体参数为：基带信号幅值：1V，基带信号频率：300HZ ，载波频率：1000HZ 。在此设计的通信系统中，信道内加入的是高斯白噪声，幅值为 1V。

3.2.3 DSB 调制解调仿真波形

仿真后的波形如图 3-10

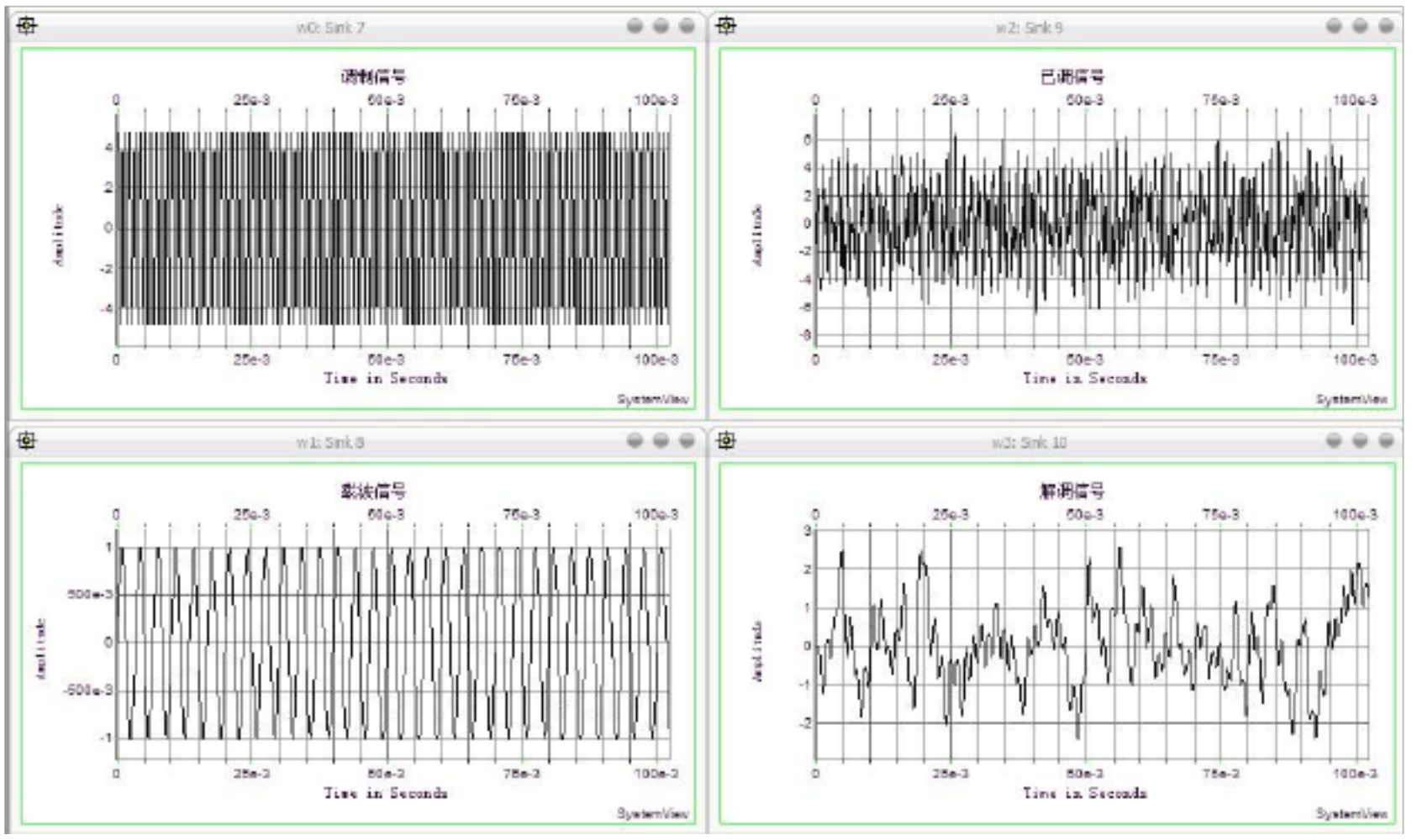

图 3-10 DSB 调制仿真后波形

其中基带信号频谱、已调信号频谱及解调后信号频谱图如下 3-11 所示

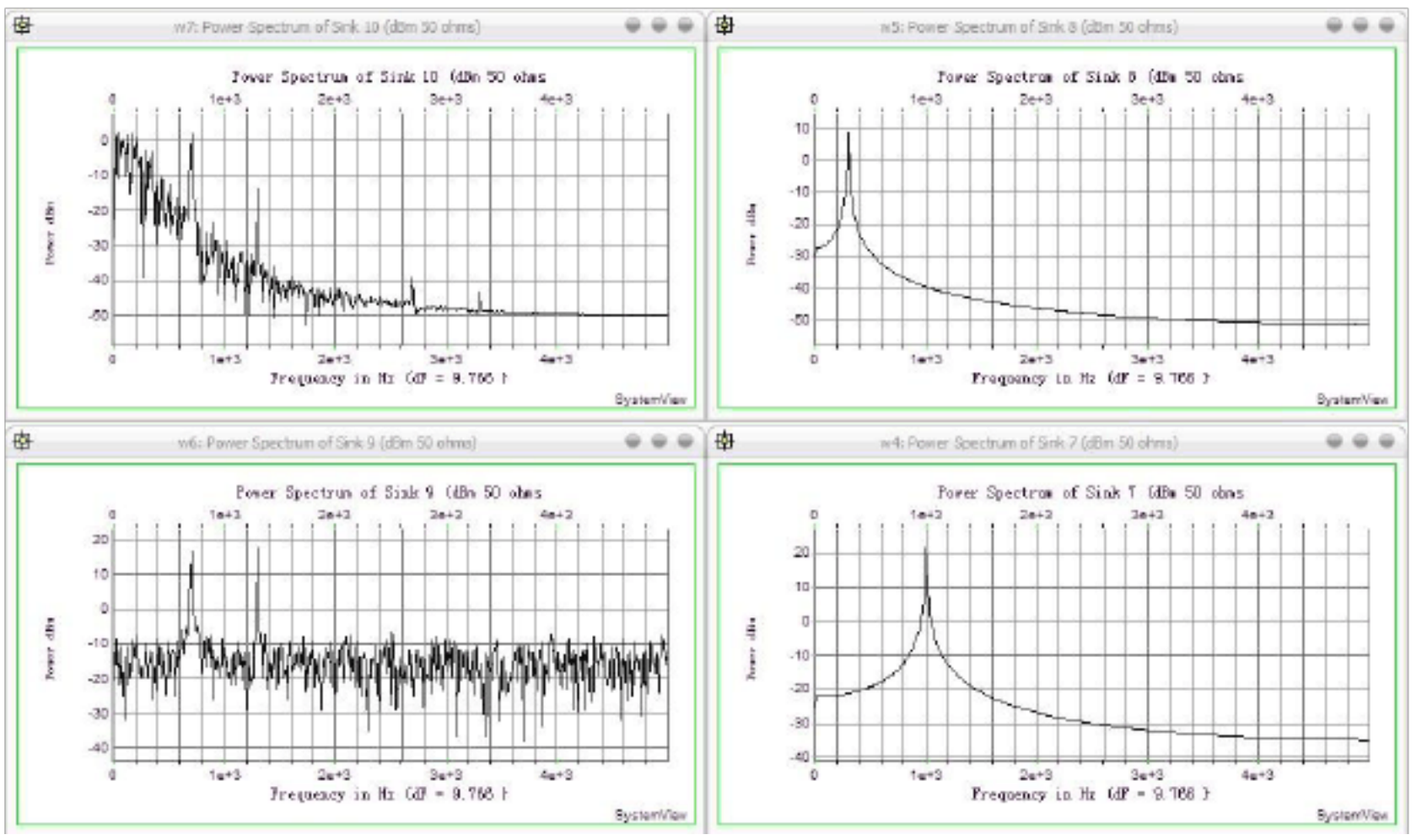

图 3-11 DSB 调制过程中的各信号的频谱比较图

3.2.4 DSB 调制解调仿真结果分析

DSB 调制为线性调制的一种，由图 3-10 可以看出，在波形上，已调信号的幅值随基带信号变化而呈正比地变化；由图 3-11 可以看出，在频谱结构上，它完全是基带信号频谱结构在频域内的简单搬移。且由频普图可看出没有载波分量，从而实现发送功率的提高。用相干解调法解调出的信号与基带信号基本一致，只是在时域上有一定的延时，但也实现了无失真传输。

3.3 SSB 调制

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，因而，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。

3.3.1 SSB 调制解调原理

利用图 3-8 所示的调制器一般模型，同样可以产生单边带信号。若加高通滤波器，能产生上边带信号；若加低通滤波器，则产生下边带信号。下边带时域表达式为

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

上边带 SSB 信号时域表达式为：

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

3.3.2 SSB 调制解调仿真电路

根据以上原理用 SystemView 仿真出来的电路图如图 3-12

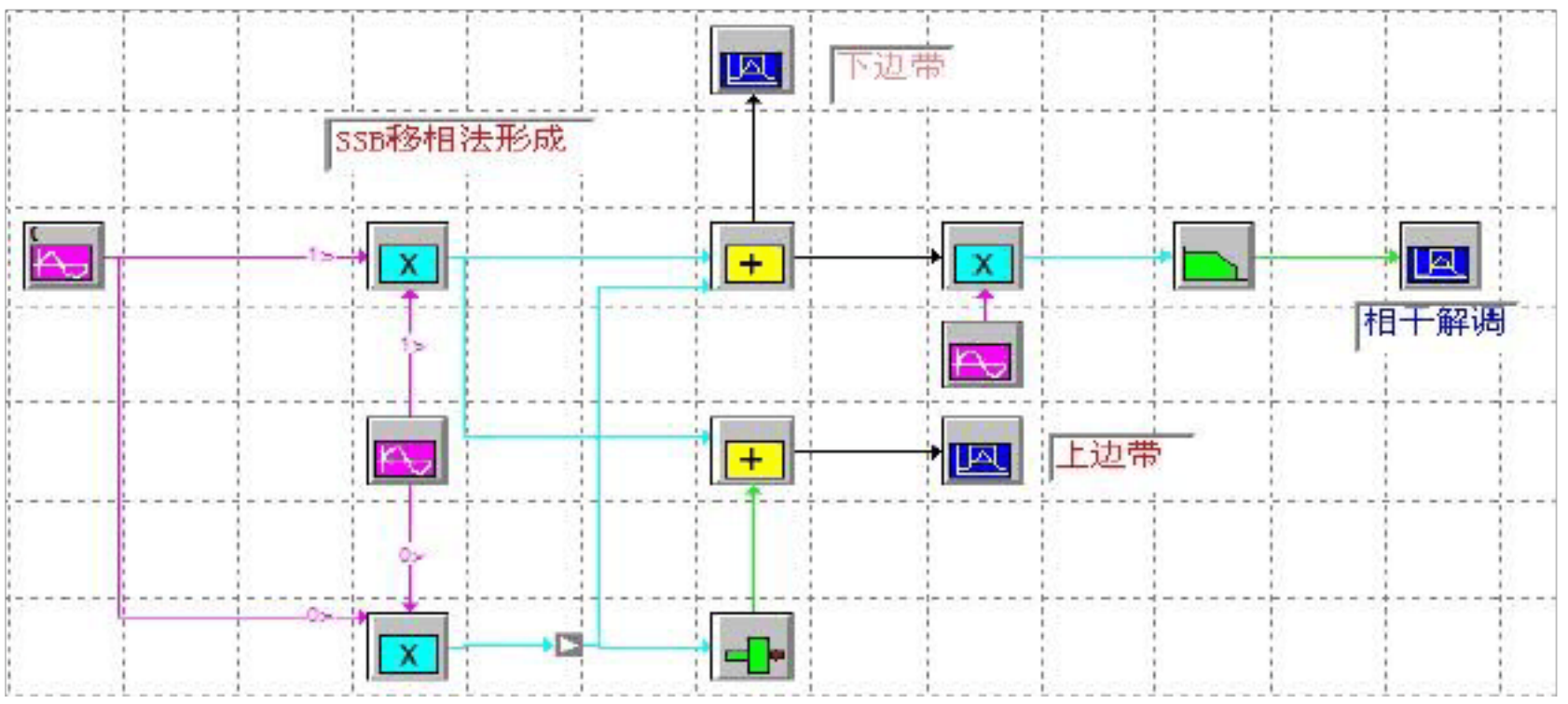

图 3-12 SSB 调制系统仿真图

3.3.3 SSB 调制解调仿真波形

利用高通滤波器对 DSB 信号进行滤波得到上边带，如仿真图 3-13 所示的时域波形及频谱波形

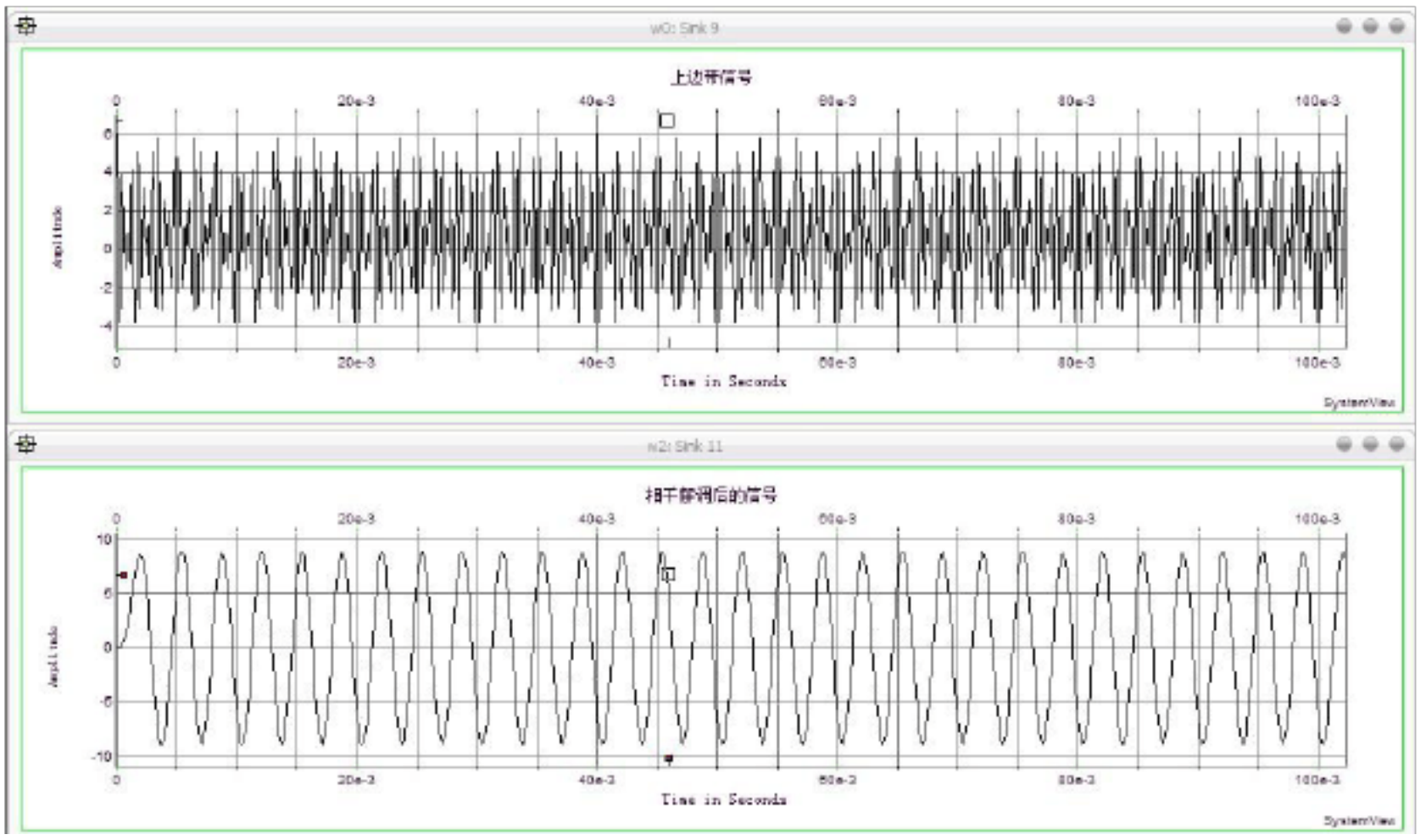

图 3-13(a)SSB 调制系统上边带时域仿真波形

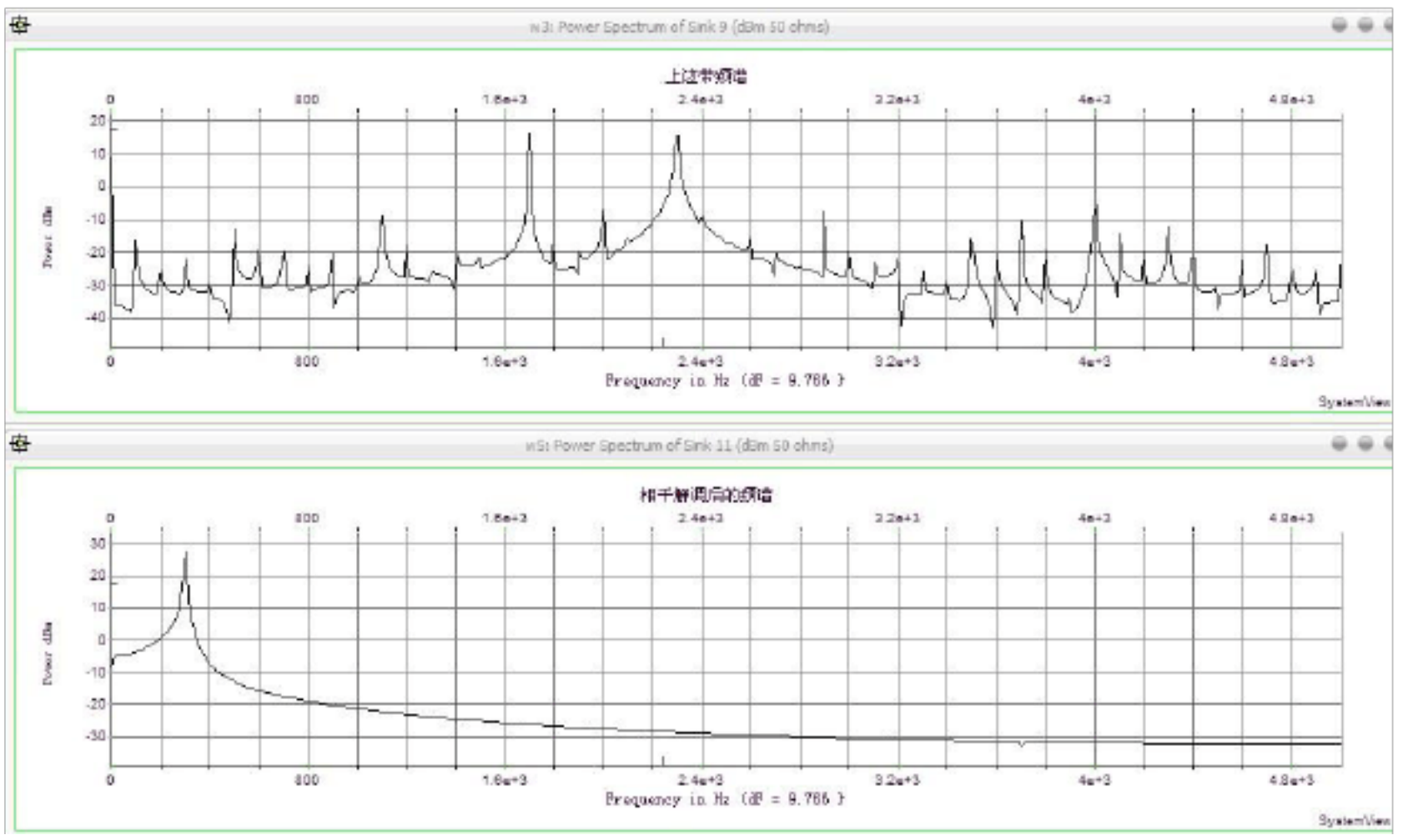

图 3-13(b)SSB 调制系统上边带频域仿真波形

利用低通滤波器对 DSB 信号进行滤波得到下边带，如仿真图 3-14 所示的时域波形及频谱波形

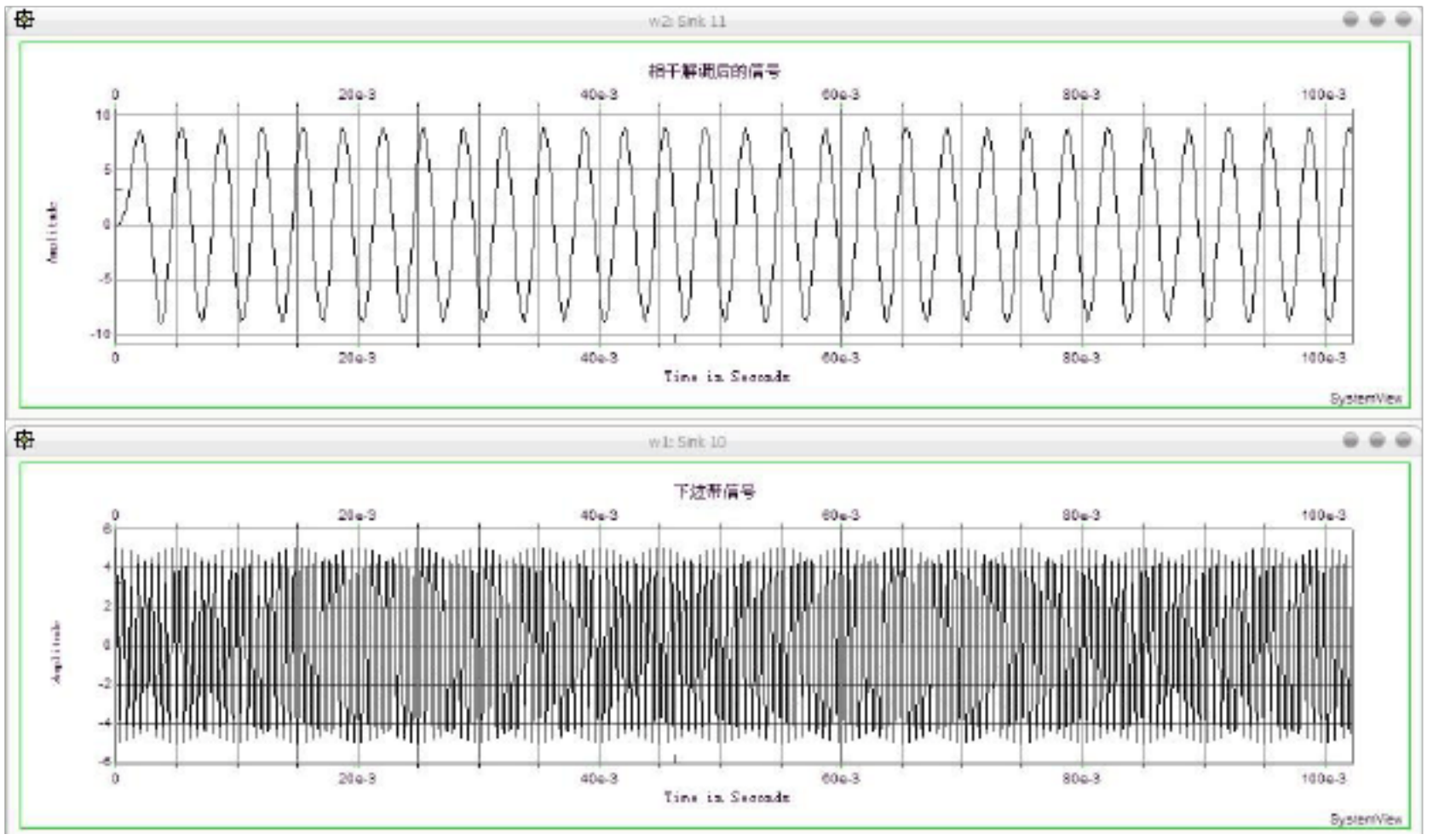

图 3-14(a) SSB 调制系统下边带时域仿真波形

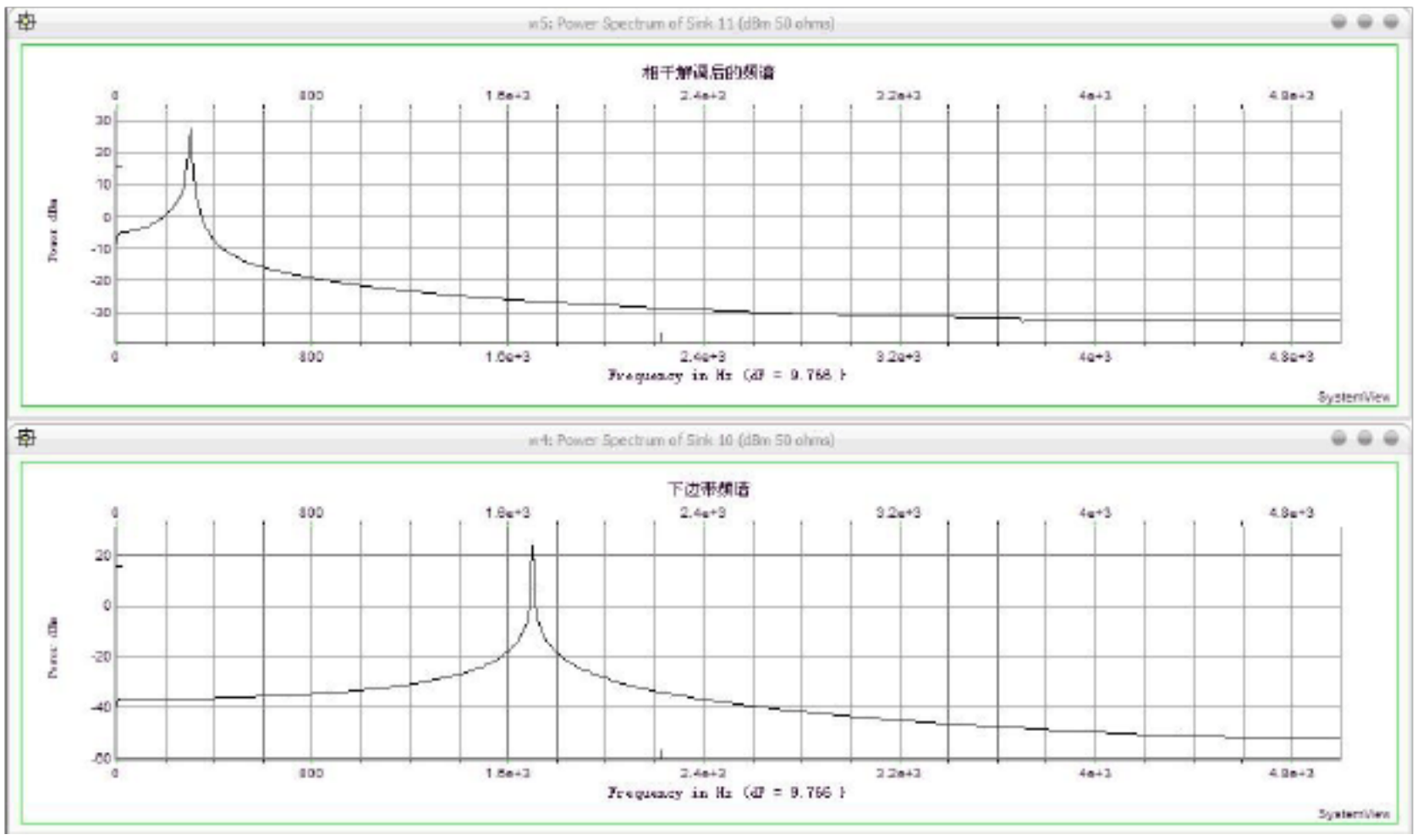

图 3-14 SSB 调制系统下边带频域仿真波形

3.3.4 SSB 调制解调仿真结果分析

SSB 线性调制的一种，由图 3-13 及 3-14 可以看出，在波形上，已调信号的幅值随基带信号变化而呈正比地变化；在频谱结构上，功率谱密度主要集中在 50HZ，与理论相符.解调信号与原信号基本相同,实现无失真传输。

3.4 三种幅度调制系统的比较

假设所有系统在接收机输入端具有相等的输入信号功率 $s_i(t)$，且加性噪声都是

均值为 0、双边功率谱密度为$n_0/2$的高斯白噪声，基带信号$m(t)$的带宽均为f_m。假设$m(t)$为正弦波信号。

1.抗噪声性能

由以上各调制波形及解调波形可以看出，DSB 调制系统抗噪声性能最好。最差的是 AM 调制系统。

2.频带利用率

SSB 的带宽最窄，和基带信号的带宽一致，即其频带利用率最高，而 AM 和 DSB 调制系统的带宽都是基带信号带宽的 2 倍。

3.特点与应用

AM 调制的优点是设备简单；缺点是功率利用率低，抗干扰能力差。AM 制式主要用在中波和短波的调幅广播中。

DSB 调制的优点是功率利用率高，且带宽与 AM 相同，但接受要求同步解调，设备较复杂。应用较少，一般只用于点对点的专用通信。

SSB 调制的优点是功率利用率和频带利用率都较高，抗干扰能力优于 AM，而带宽只有 AM 的一半；缺点是发送和接受设备都很复杂。鉴于这些特点，SSB 长用于频分多路复用系统中。

3.5AM 超外差收音机的设计

3.5.1 超外差接收机的工作原理

超外差接收技术广泛用于无线通信系统中。图 3-15 所示的是一个基本的超外差收音机的原理框图。下面以最常见的 AM 超外差收音机为例说明。

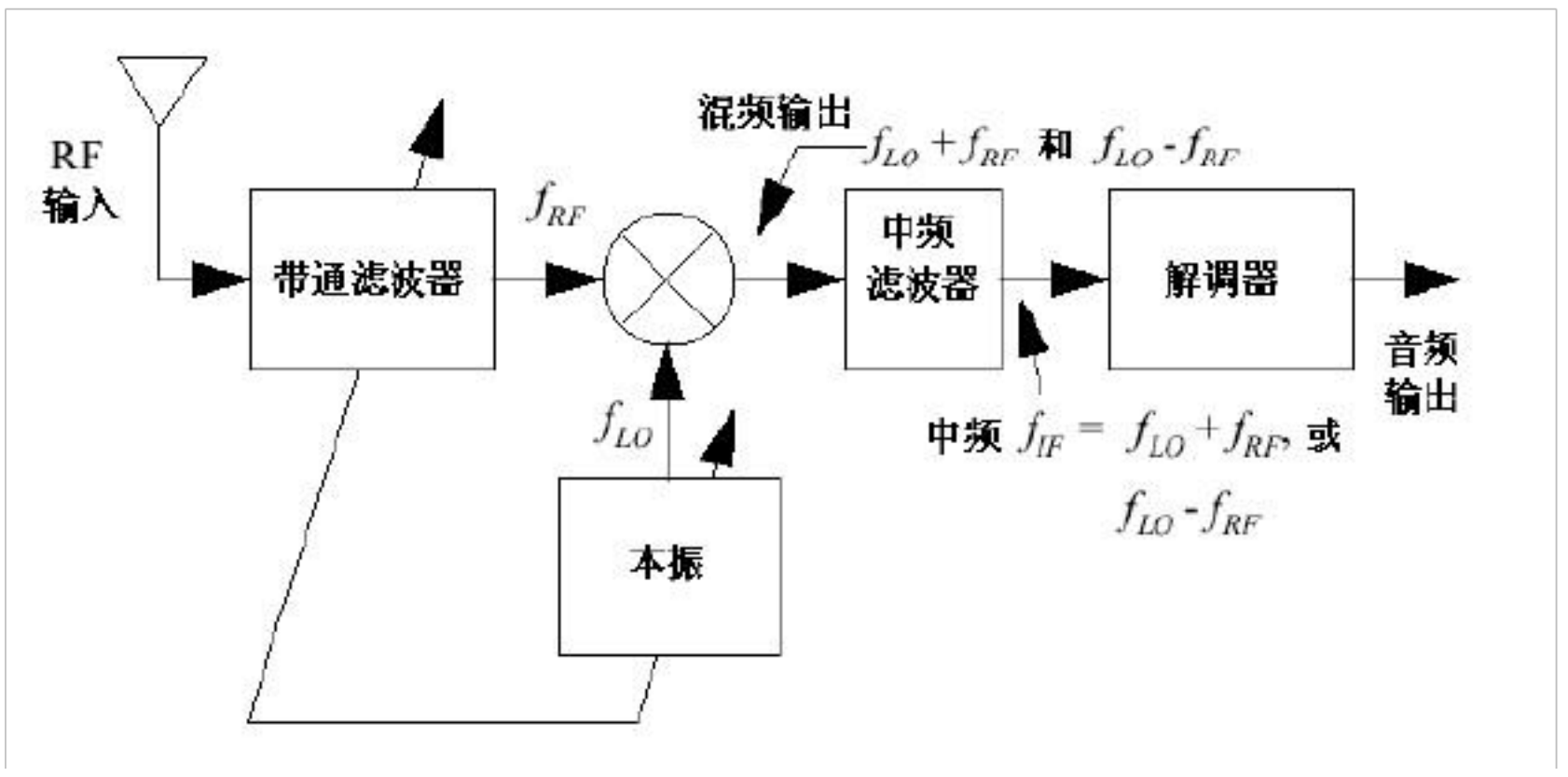

图 3-15 超外差收音机原理框图

通常的 AM 中波广播收音机覆盖的频率范围为 540-1700KHz，中频 IF 频率为 455KHz。商业广播发射采用常规调幅，调制度为 1，且发射功率大，因此收音机为

节省成本、减小体积，一般解调器采用最佳简单的二极管包络检波。本地振荡的典型设置都高于所希望的 RF 信号，即所谓的高边调谐。输入滤波器用于拟止所不希望的信号和噪声，更重要的是去除与期望频率解调中频 f_{IF} 有关的镜像频率 $2f_{IF}$ 信号。实际电路使用陶瓷滤波器能得到很好的性能，增加一级增益后再检波。

3.5.2 超外差收音机的 SystemView 仿真

一个基本的 AM 收音机的系统仿真框图如图 3-16 所示。本例主要说明超外差 AM 收音机的工作原理及信号解调过程。为节省仿真时间，没有按实际的 540-1700KHz 的频率覆盖范围和 455KHz 中频频率设计，而采用了 20KHz 作为 IF。另外设了 30KHz，40KHz，50KHz 三个载波频率的发射信号（模拟三个电台），模拟调制信号的带宽为 5KHz 以下。并设希望接受的频率为第二个电台的频率 40KHz，收音机使用高边调谐，则本振应为 40+20=60 KHz，且存在一个镜像干扰频率为 40+2*20=80 KHz。

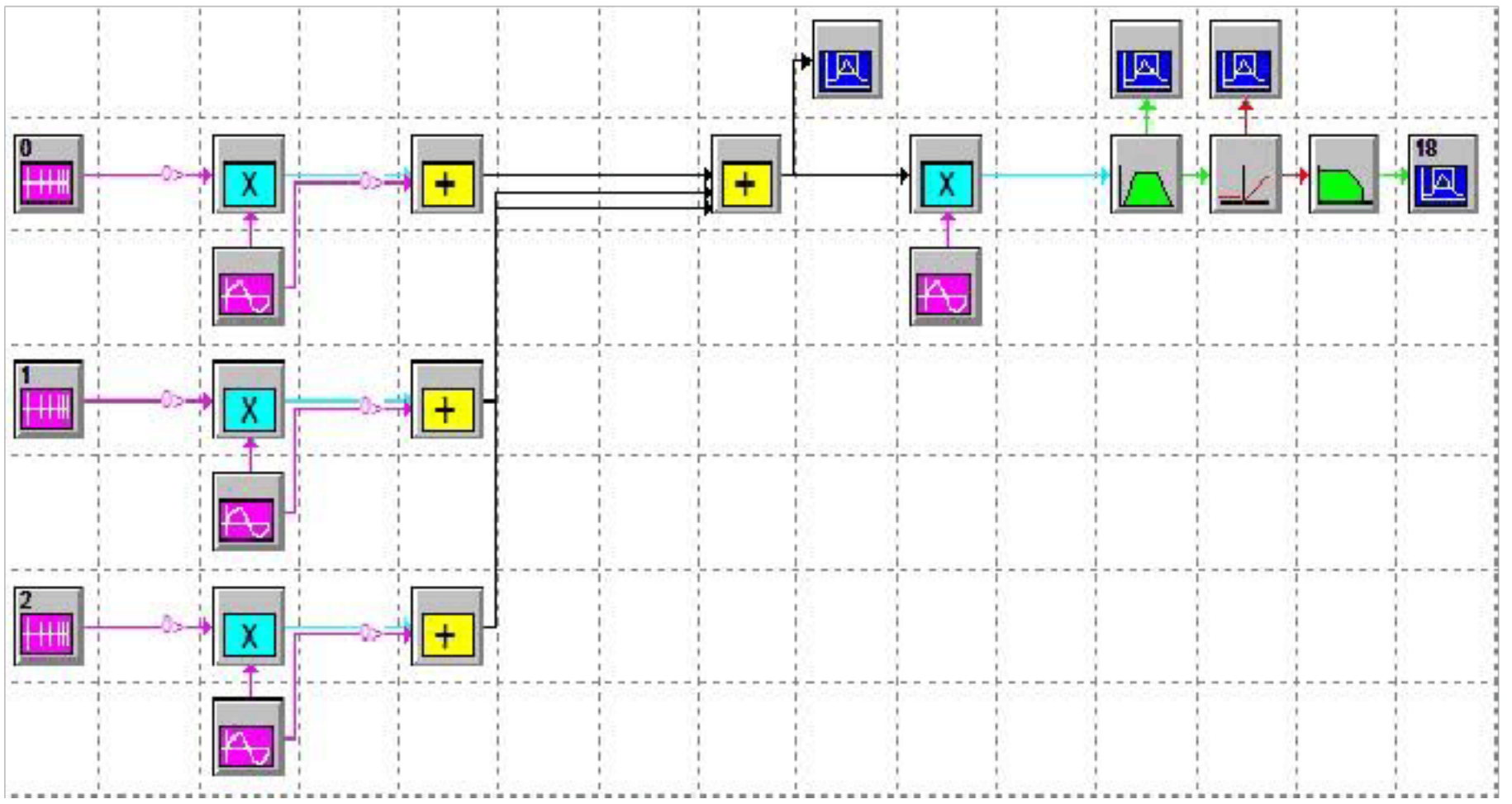

图 3-16AM 超外差收音机仿真模型

其仿真波形图如图所示

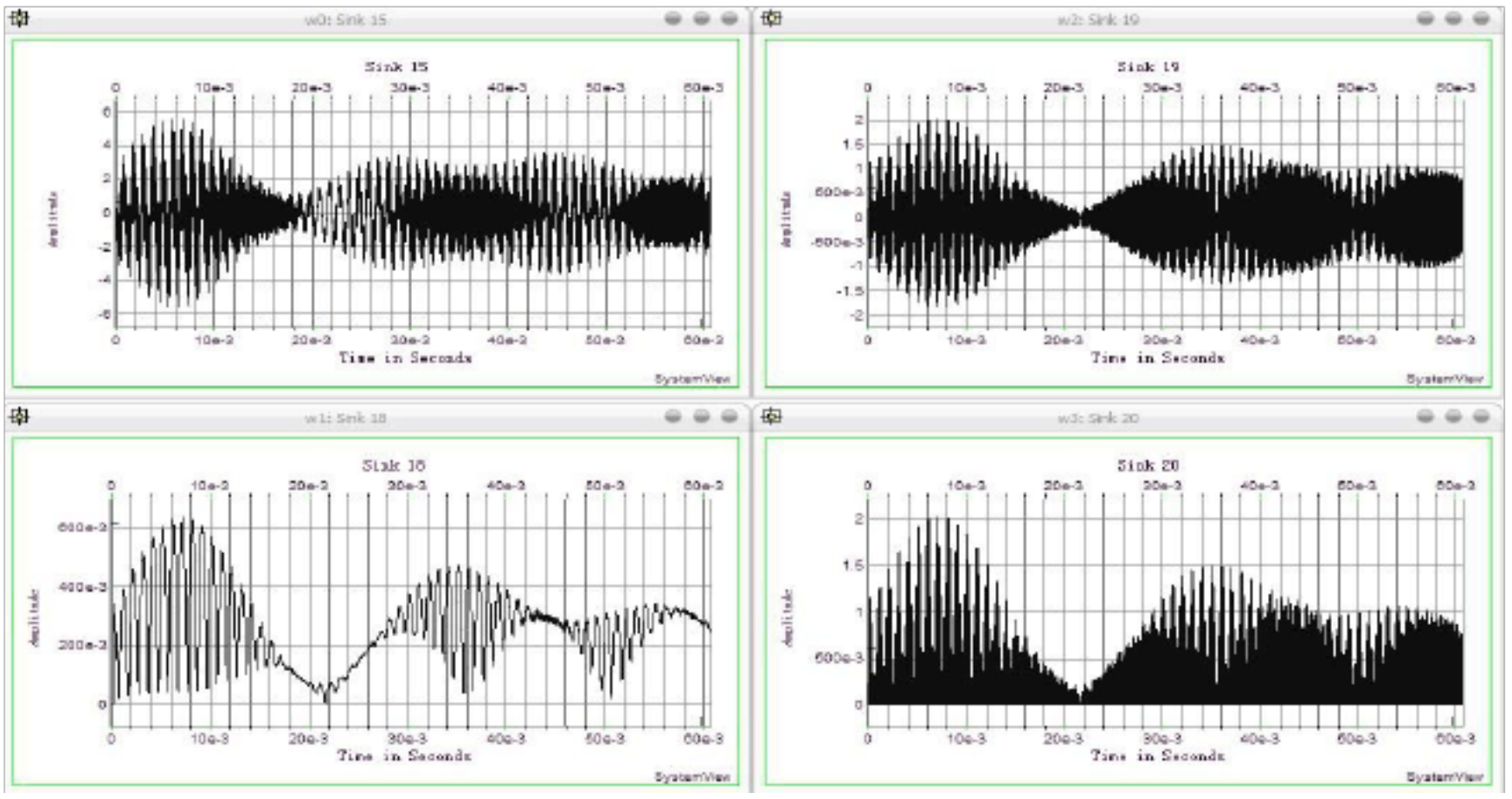

图 3-17 超外差收音机仿真波形

3.5.3 收音机仿真参数的分析

收音机仿真参数的测量，可以通过 SystemView 测量经过 IF 滤波器后输出的希望信号与非希望信号的功率比来求得。但该测量必须通过两次特殊的仿真才能进行。首先先关闭所有干扰滤波，即把 30 和 50KHz 的信号源幅度设置为零，使用分析窗口的窗口统计功能求 IF 的输率。

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/626101243000010033