

一.设计平台

Simulink 是 Matlab 环境下的一部分，它通过使用框图的方式编辑建模，比较直观。Simulink 是一种基于 MATLAB 的框图设计环境，是实现动态系统建模、仿真和分析的一个软件包，被广泛应用于线性系统、非线性系统、数字控制及数字信号处理的建模和仿真中【2】。

Simulink 是 Matlab 最重要的组件之一，它提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。在该环境中，无需大量书写程序，而只需要通过简单直观的鼠标操作，就可构造出复杂的系统。Simulink 具有适应面广、结构和流程清晰及仿真精细、贴近实际、效率高、灵活等优点，并基于以上优点 Simulink 已被广泛应用于控制理论和数字信号处理的复杂仿真和设计。同时有大量的第三方软件和硬件可应用于或被要求应用于 Simulink。

Simulink 是用于动态系统和嵌入式系统的多领域仿真和基于模型的设计工具。对各种时变系统，包括通讯、控制、信号处理、视频处理和图像处理系统，Simulink 提供了交互式图形化环境和可定制模块库来对其进行设计、仿真、执行和测试【3】。

Simulink 是一种可视化工具。构架在 Simulink 基础之上的其他产品扩展了 Simulink 多领域建模功能，也提供了用于设计、执行、验证和确认任务的相应工具。Simulink 与 MATLAB 紧密集成，可以直接访问 MATLAB 大量的工具来进行算法研发、仿真的分析和可视化、批处理脚本的创建、建模环境的定制以及信号参数和测试数据的定义。

二、设计目的：

- ① 分别设计 AM, FM 调制与解调通信系统，分别在理想信道和非理想信道中运行，并得出仿真结果，分析比较三种不同的调制方式所存在的不同。
- ② 熟悉 MATLAB 文件中 M 文件的使用方法，包括函数、原理和方法的应用。
- ③ 增强在通信原理仿真方面的动手能力与自学能力。

三、设计内容和实验要求

- ④ 系统建模
- ⑤ 确定仿真算法
- ⑥ 建立仿真模型
- ⑦ 设计仿真程序
- ⑧ 运行仿真程序
- ⑨ 输出仿真结果并进行分析

四、模拟通信系统简介

通信系统是为了有效可靠的传输信息，信息由信源发出，以语言、图像、数据为媒体，通过电(光)信号将信息传输，由信宿接收。通信系统又可分为数字通信与模拟通信。基于课程设计的要求，下面简要介绍模拟通信系统。

信源是模拟信号，信道中传输的也是模拟信号的系统为模拟通信。模拟通信系统的模型如图 5.1 所示。

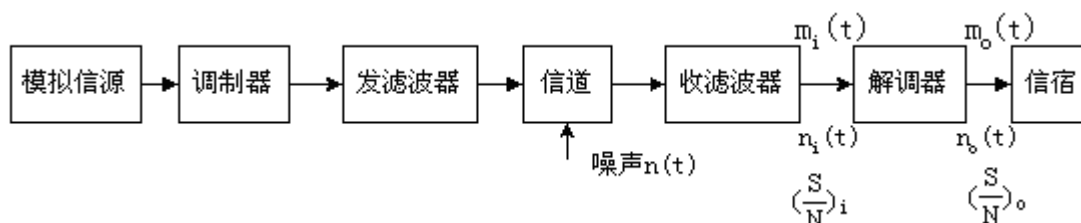


图 4.1 模拟通信系统模型

调制器：使信号与信道相匹配，便于频分复用等。发滤波器：滤除调制器输出的无用信号。收滤波器：滤除信号频带以外的噪声，一般设 $N(t)$ 为高斯白噪声，则 $N_i(t)$ 为窄带白噪声。

4. 1AM, FM 调制原理

4.1.1 AM 调制原理

幅度调制是用调制信号去控制高频正弦载波的幅度，使其按调制信号的规律变化的过程。幅度调制器的一般模型如图. 2 所示。

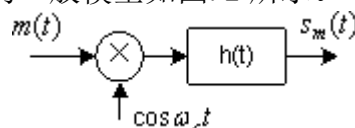


图 4.2 幅度调制模型

在图 4.2 中，若假设滤波器为全通网络 ($H(\omega)=1$)，调制信号 $m(t)$ 叠加直流 A_0 后再与载波相乘，则输出的信号就是常规双边带 (AM) 调幅。AM 调制器模型如图 4.3 所示

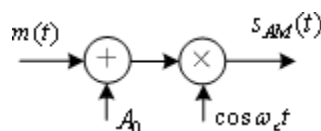


图 4.3 AM 调制模型

AM 信号波形的包络与输入基带信号 $m(t)$ 成正比，故用包络检波的方法很容易恢复原始调制信号。但为了保证包络检波时不发生失真，必须满足 $A_0 \geq |m(t)|_{\max}$ ，否则将出现过调幅现象而带来失真。AM 信号的频谱是由载频分量和上、下两个边带组成（通常称频谱中画斜线的部分为上边带，不画斜线的部分为下边带）。上边带的频谱与原调制信号的频谱结构相同，下边带是上边带的镜

像。显然，无论是上边带还是下边带，都含有原调制信号的完整信息。故 AM 信号是带有载波的双边带信号，它的带宽是信号带宽的两倍。

4.1.2 FM 调制原理

频率调制的一般表达式^[1]为：

$$s_{FM}(t) = A \cos[\omega_c t + K_F \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau] \quad (4-1)$$

FM 和 PM 非常相似，如果预先不知道调制信号的具体形式，则无法判断已调信号是调频信号还是调相信号。

$$m(t) \rightarrow \boxed{FM} \rightarrow S_{FM}(t)$$

图 5.4

$$m(t) \rightarrow \boxed{\int(\bullet)dt} \rightarrow \boxed{PM} \rightarrow S_{FM}(t)$$

图 4.5

图（5.4）所示的产生调频信号的方法称为直接调频法，图（5.5）所示的产生调频信号的方法称为间接调频法^[4]。由于实际相位调制器的调节范围不可能超出 $(-\pi, \pi)$ ，因而间接调频的方法仅适用于相位偏移和频率偏移不大的窄带调制情形，而直接调频则适用于宽带调制情形。

根据调制后载波瞬时相位偏移的大小，可将频率调制分为宽带调频（WBFM）与窄带调频（NBFM）。宽带与窄带调制的区分并无严格的界限，但通常认为由调频所引起的最大瞬时相位偏移远小于 30° 时，

$$\left| K_F \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau \right|_{\max} < \frac{\pi}{6}$$

（4-2）

称为**窄带调频**。否则，称为**宽带调频**。

为方便起见，不妨假设正弦载波的振幅 $A=1$ ，则由式（4-1）调频信号的一般表达式，得

$$S_{FM}(t) = \cos[\omega_c t + K_F \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau] = \cos \omega_c t \cos[K_F \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau] - \sin \omega_c t \sin[K_F \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau] \quad (4-3)$$

通过化解，利用傅立叶变化公式可得 NBFM 信号的频域表达式：

$$S_{NBFM}(\omega) = \pi[\delta(\omega + \omega_c) + \delta(\omega - \omega_c)] - \frac{K_F}{2} \left[\frac{M(\omega + \omega_c)}{\omega + \omega_c} - \frac{M(\omega - \omega_c)}{\omega - \omega_c} \right] \quad (5-4)$$

在 NBFM 中，由于下边频为负，因而合成矢量不与载波同相，而是存在相位偏移 $\Delta\varphi$ ，当最大相位偏移满足式（4-2）时，合成矢量的幅度基本不变，这样就形成了 FM 信号。

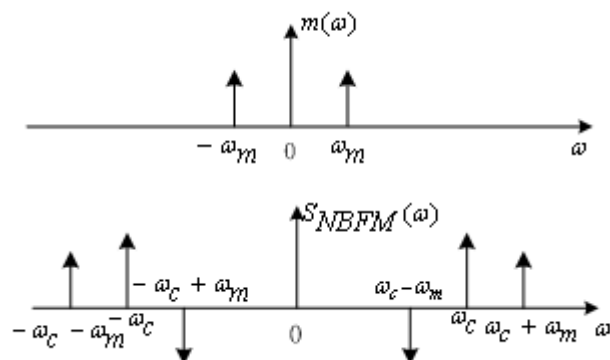


图 4-5 NBFM 信号频谱

五、几种调制方式间的比较

5.1 几种不同的模拟调制方式

假定所有调制系统在接收机输入端具有相等的信号功率，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，基带信号带宽为 B ，在所有系统都满足

$$\begin{cases} \overline{m(t)} = 0 \\ \overline{m^2(t)} = \frac{1}{2} \\ |m(t)|_{\max} = 1 \end{cases}$$

例如， $m(t)$ 为正弦型信号。综合前面的分析，可总结各种模拟调制方式的信号带宽、制度增益、输出信噪比、设备（调制与解调）复杂程度、主要应用等如下表所示。表中还进一步假设了 AM 为 100% 调制。

调制方式	信号带宽	制度增益	S_o/N_o	设备复杂度	主要应用
DSB	$2f_m$	2	$\frac{S_i}{n_0 f_m}$	中等：要求相干解调，常与DSB信号一起传输一个小导频	点对点的专用通信，低带宽信号多路复用系统
SSB	f_m	1	$\frac{S_i}{n_0 f_m}$	较大：要求相干解调，调制器也较复杂	短波无线电广播，话音频分多路通信
VSB	略大于 f_m	近似SSB	近似SSB	较大：要求相干解调，调制器需要对称滤波	数据传输；商用电视广播
AM	$2f_m$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3} \cdot \frac{S_i}{n_0 f_m}$	较小：调制与解调（包络检波）简单	中短波无线电广播
FM	$2(m_f + 1)f_m$	$3m_f^2(m_f + 1)$	$\frac{3}{2} m_f^2 \frac{S_i}{n_0 f_m}$	中等：调制器有点复杂，解调器较简单	微波中继、超短波小功率电台（窄带）；卫星通信、调频立体声广播（宽带）

5.2 几种模拟调制的性能比较

就抗噪性能而言，WBFM 最好，DSB、SSB、VSB 次之，AM 最差。NBFM 与 AM 接近。如 6.5 中所示出了各种模拟调制系统的性能曲线，图中的圆点表示门限点。门限点以下，曲线迅速下跌；门限点以上，DSB、SSB 的信噪比比 AM 高 4.7dB 以上，而 FM（=6）的信噪比比 AM 高 22dB。

就频带利用率而言，SSB 最好，VSB 与 SSB 接近，DSB、AM、NBFM 次之，WBFM 最差。

5.3 几种模拟调制的特点及应用

AM 调制的优点是接收设备简单；缺点是功率利用率低，抗干扰能力差，信

号带宽较宽，频带利用率不高。因此，AM 制式用于通信质量要求不高的场合，目前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，但带宽与 AM 相同，频带利用率不高，接收要求同步解调，设备较复杂。只用于点对点的专用通信及低带宽信号多路复用系统。

SSB 调制的优点是功率利用率和频带利用率都较高，抗干扰能力和抗选择性衰落能力均优于 AM，而带宽只有 AM 的一半；缺点是发送和接收设备都复杂。SSB 制式普遍用在频带比较拥挤的场合，如短波波段的无线电广播和频分多路复用系统中。

VSB 调制性能与 SSB 相当，原则上也需要同步解调，但在某些 VSB 系统中，附加一个足够大的载波，形成 (VSB+C) 合成信号，就可以用包络检波法进行解调。这种 (VSB+C) 方式综合了 AM、SSB 和 DSB 三者的优点。所以 **VSB 在数据传输、商用电视广播等领域得到广泛使用。**

FM 波的幅度恒定不变，这使得它对非线性器件不甚敏感，给 FM 带来了抗快衰落能力。利用自动增益控制和带通限幅还可以消除快衰落造成的幅度变化效应。这些特点使得 NBFM 对微波中继系统颇具吸引力。WBFM 的抗干扰能力强，可以实现带宽与信噪比的互换，因而 **WBFM 广泛应用于长距离高质量的通信系统中，如空间和卫星通信、调频立体声广播、短波电台等。**WBFM 的缺点是频带利用率低，存在门限效应，因此在接收信号弱、干扰大的情况下宜采用 NBFM，这就是小型通信机常采用 NBFM 的原因。

六. MATLAB 生成图像

6.1 双边带频带幅度调制的系统仿真

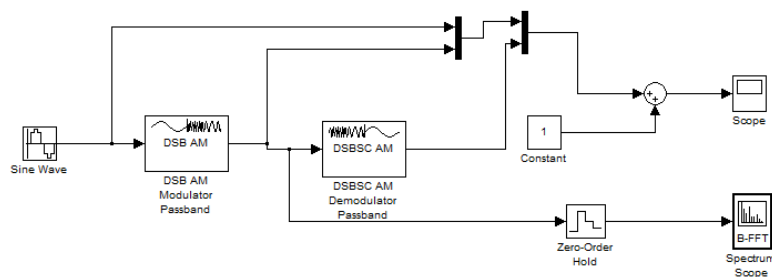


图6.1-1双边带频带幅度调制的系统仿真框图

参数设置表

参数名称	参数值
input signal offset (输入信号偏移)	1
Carrier frequency (载波频率)	180
Initital phase(rad)(初始相位)	pi/3

参数名称	参数值
input signal offset (输入信号偏移)	1
Carrier frequency (载波频率)	180
Initital phase(rad)(初始相位)	pi/3
Lowpassn filter numerator(低通滤波器分子)	【4.75 9.14 4.75】*0.01
Lowpassn filter denominator(低通滤波器分母)	【1 -1.3108 0.4936 】
Sample time(采样间隔)	0.001

6.2双边带抑制载波幅度调制的系统仿真

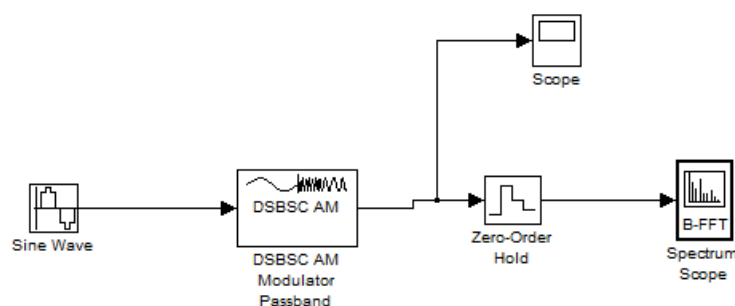


图6.2-1双边带抑制载波幅度调制的系统仿真框图

参数设置表

参数名称	参数值
Carrier frequency (载波频率)	15
Initital phase(rad)(初始相位)	pi/2
Sample time(采样时间)	1/60

参数名称	参数值
Wave form(波形)	sawtooth
Amplitude(幅度)	1
Frequency(频率)	pi
Unit(单位)	rad/sec

6.3单边带幅度调制系统仿真

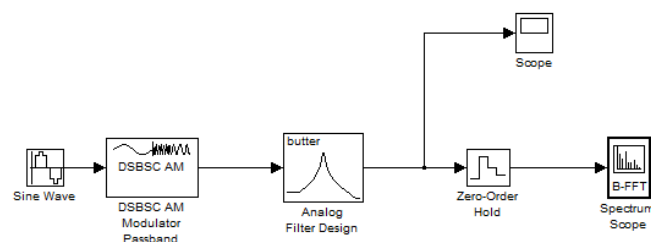


图6.3-1单边带幅度调制系统仿真框图

参数名称	参数值
input signal offset (输入信号偏移)	1
Carrier frequency (载波频率)	1000
Initital phase(rad)(初始相位)	0

参数名称	参数值
Design method(设计方法)	Butterworth(巴特沃斯)
Filter type(滤波器类型)	Bandpass (带通)
Filter order (滤波器阶数)	9
Lower passband edge frequency (rad/sec) (通带低端频率)	$999 \times 2\pi$
Upper passband edge frequency (rad/sec) (通带高端频率)	$1110 \times 2\pi$

6. 4FM频率调制系统仿真

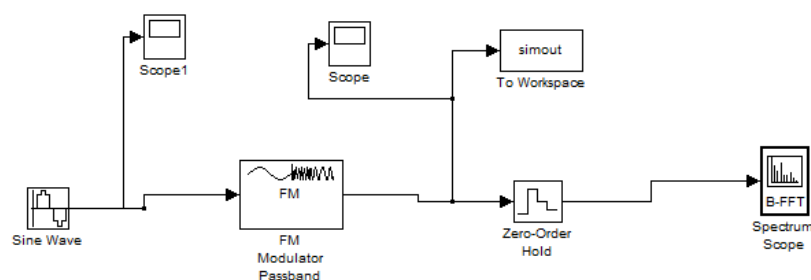


图6. 4-1 FM频率调制系统仿真框图

参数设置表

参数名称	参数值
Carrier frequency (载波频率)	1000
Initital phase(rad)(初始相位)	0
Modulation constant (调制常数)	200
Sample time(采样间隔)	$1e-5$
Symbol interval (s) (符号间隔)	inf

参数名称	参数值
Wave form (波形)	sin
Amplitude (幅度)	1
Frequency (频率)	100
Unit (单位)	Hertz

参数名称	参数值
Buffer size (缓存长度)	1024
Buffer overlap (缓存交叠)	256
FFT size (FFT长度)	1024
Number of spectral averages (谱平均点)	10
Scope position (显示器位置)	get(0, 'defaultfigureposition')
Frequency units (频率单位)	Hertz
Frequency RANGE (频率范围)	【0...FS/2】
Amplitude scaling (幅度刻度)	magnitude
Sample time of original from input (输入采样时间)	2.50E-04
Minimum Y-limit (Y轴最小刻度)	-2
Maximum Y-limit (Y轴最大刻度)	25

6.5 仿真结果

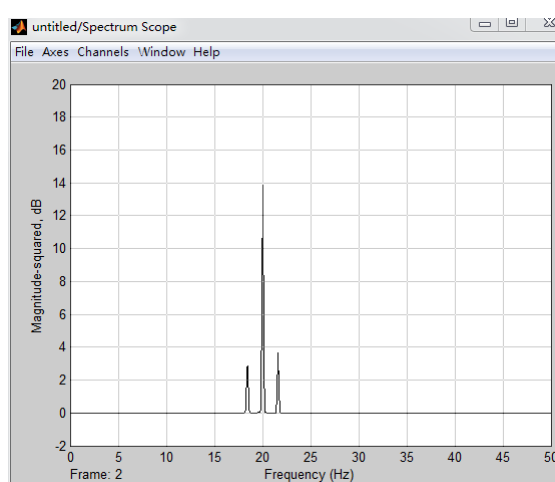


图6.5-1双边带频带幅度调制的系统频域图

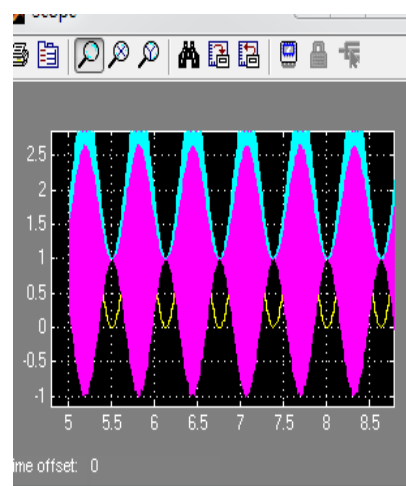
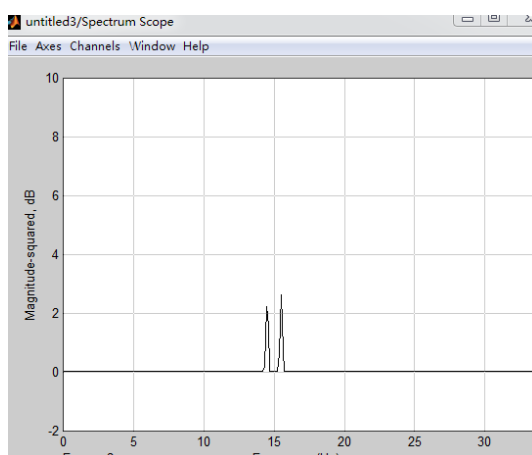
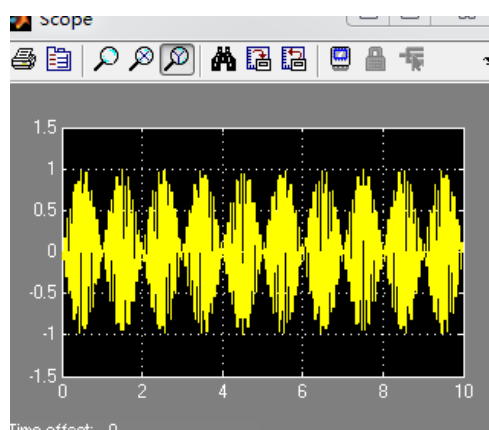


图6.5-2双边带频带幅度调制的系统时域图



6.5-3双边带抑制载波幅度调制的系统频域图



6.5-4双边带抑制载波幅度调制的系统时域图

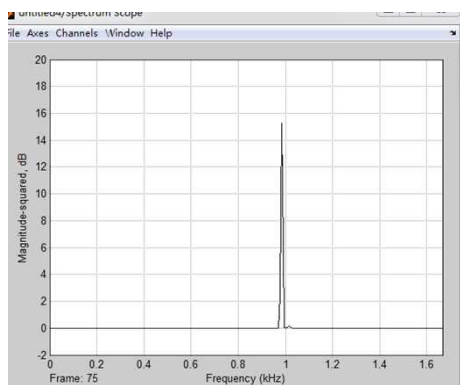


图6. 5-5单边带幅度调制系统频域图

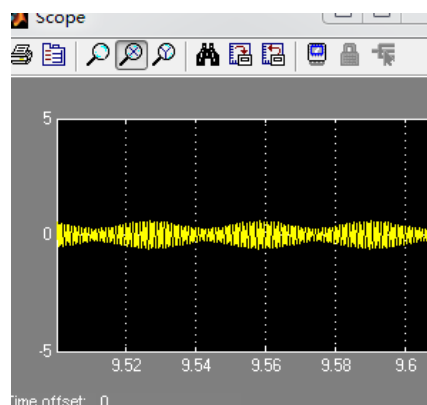


图6. 5-6单边带幅度调制系统时域图

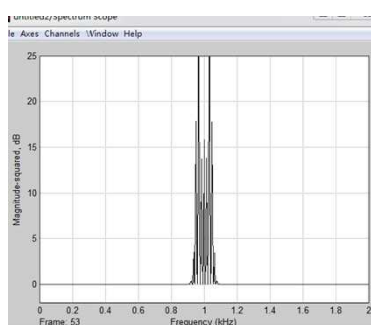


图6. 5-7单边带幅度调制系统频域图

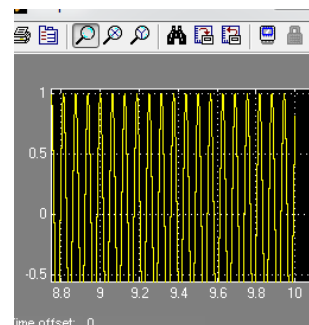
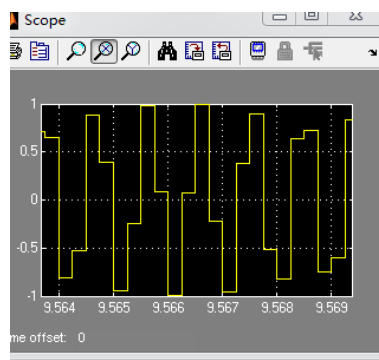
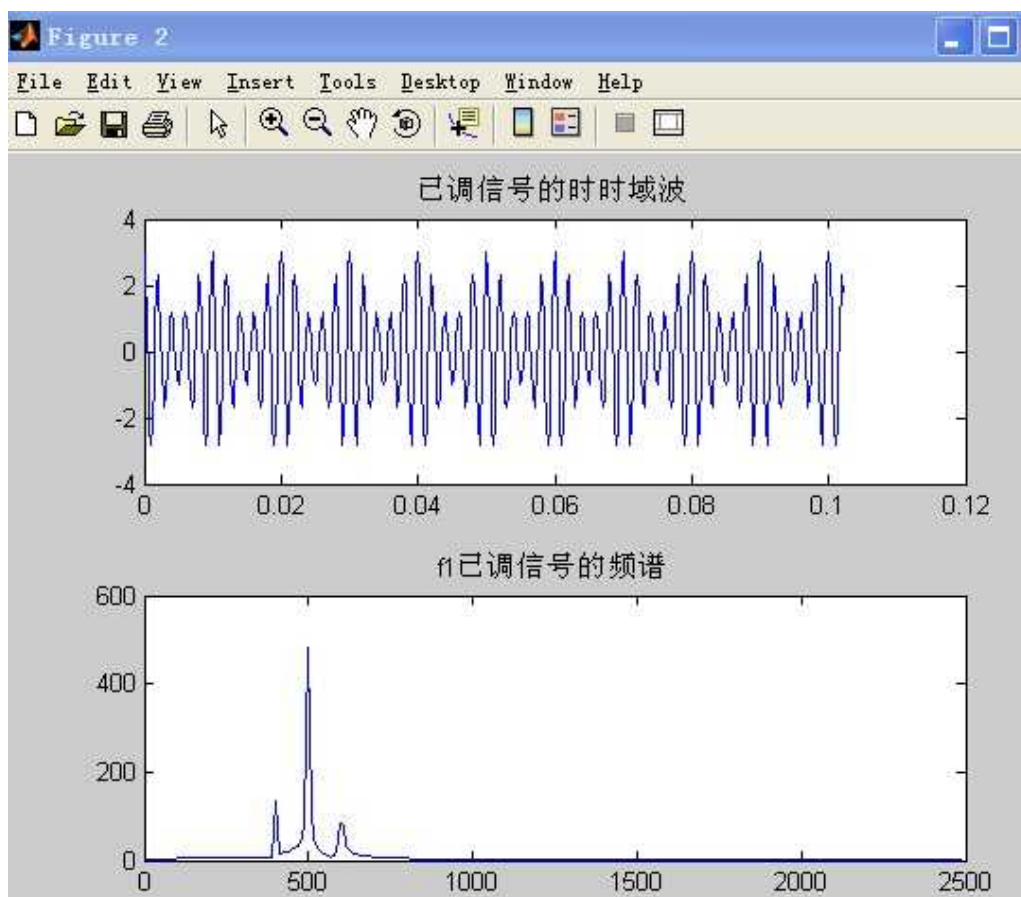
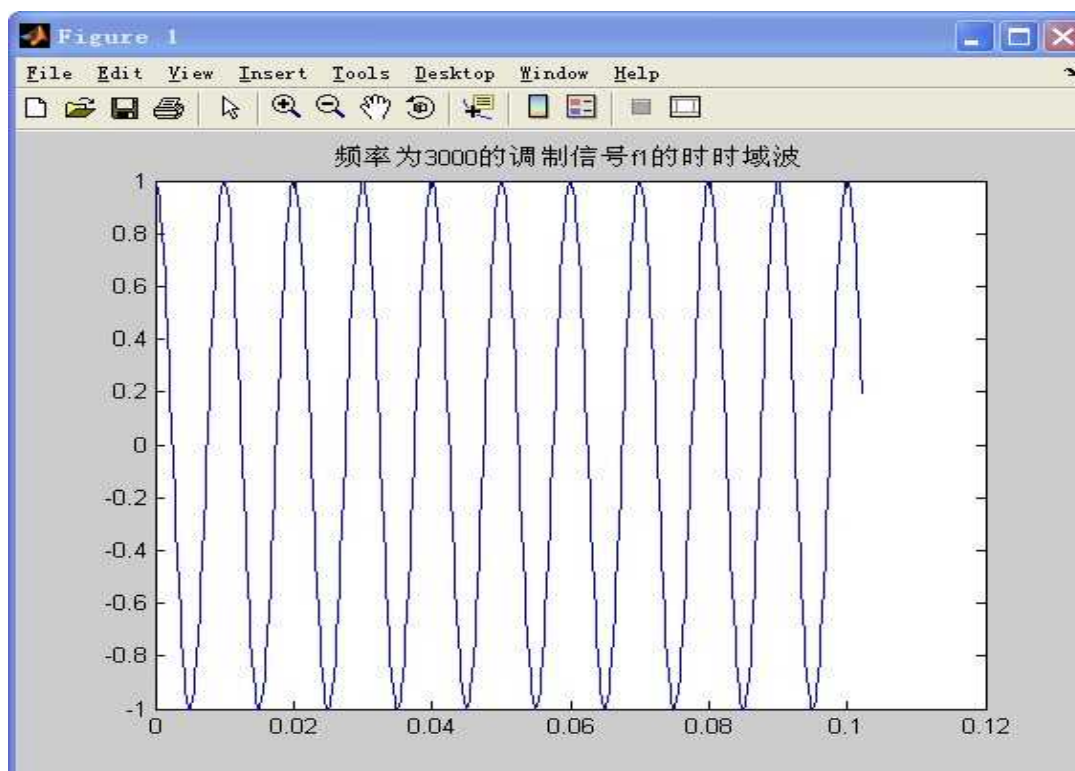


图6. 5-8单边带幅度调制系统时域图

6. 6程序仿真结果

6. 6. 1AM仿真结果



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/675344322013011304>