

【自动化技术】

一种基于VC++的通信信号仿真软件设计

岳伟甲^a, 刘昌锦^b

(炮兵学院 a. 5系43队; b. 4系信息工程教研室, 合肥 230031)

摘要:采用VC++6.0开发了一种通信信号仿真实验开发平台,实现了语音信号的采集、储存、调制,并能够显示频域和时域波形。仿真平台的代码公开,应用更灵活,更方便于学生使用。该平台弥补了基于SystemView、Matlab和LabVIEW组成的实验体系的不足。

关键词:模拟通信信号;VC++;声卡采集

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)05-0092-04

目前通信信号仿真实验主要基于SystemView、Matlab和LabVIEW的实验体系^[1]。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、滤波设计到复杂的通信系统仿真等要求。Matlab是一套高性能的数值计算和可视化的科学工程计算软件,功能强大,在系统仿真、数字信号处理、图形图像分析、数理统计、通信及自动控制领域得到了广泛的应用^[2-4]。LabVIEW是NI推出的虚拟仪器开发平台软件,采用图形化编程语言(G语言),产生的程序是框图的形式。这3种仿真实验体系都具有实验内容灵活、设计性强的特点,但是,它们的成本都较高,并且源代码不公开,这就将这3个实验系统的使用范围局限在了实验室中,而且这3个实验系统的元件模型已经设定,灵活性也受到限制。VC是Windows平台上主要的应用程序开发环境之一。本文采用VC设计一种代码公开的通信信号仿真实验开发平台。学生可以看到开发平台的代码,并能够对源代码进行修改,这样既利于学生对通信原理内容的深层理解,又有利于培养学生研究思考的习惯。同时该平台成本低廉,使用更灵活,便于在学生中普及使用。

1 系统整体设计

为了能够真实反应通信信号的特点,需要实时展现调制后波形情况。系统从声卡中提取实时的语音信息进行调制。采用帧处理的方式,每一帧进行一次语音信息的存储,并对获得的数据进行调制转换,同时对调制后的数据进行保存。每一帧结束后,画出各种调制信号的波形。程序中涉及了快速傅里叶变换、载波数据产生、声卡数据的采集和输出、绘图显示等内容。系统结构如图1所示。

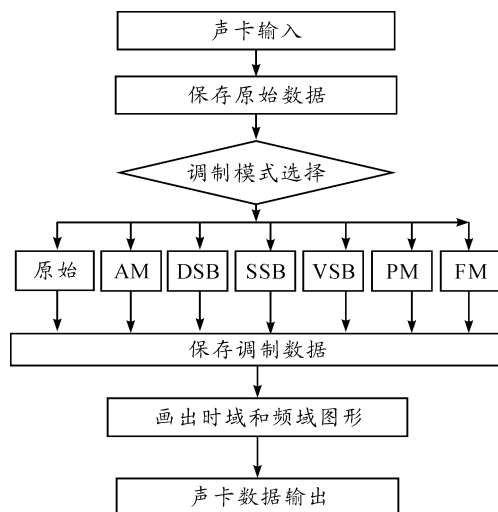


图1 系统结构

2 基本单元设计

2.1 信号采样设计

人类发声的频率为85~1100 Hz,听觉的频率范围为20 Hz到20 kHz。乃奎斯特采样定理指出:当采样频率 f_{smax} 大于信号最大频率 f_{max} 的2倍时,采样后的数字信号完整保存原始信号中的信息。采样率一般采用信号最大频率的2.56~4倍。目前一般声卡最高采样频率可达96 kHz,采样位数则可以达到16或32位,声道数目为2,也就是立体声,可同时采进2路信号,输出16位数字音频,其信噪比可达96 dB。根据以上分析可知,用声卡采集人语音信号是完全可行的,在512.5 Hz时即可完整地采集人的语音信息。

2.2 频域变换设计

快速傅里叶变换用于把时域信号转换到频域。采用这种算法能使计算离散傅里叶变换所需要的乘法次数大为减

收稿日期:2011-03-04

作者简介:岳伟甲(1981—),男,硕士研究生,讲师,主要从事通信与信息系统研究;

刘昌锦(1958—),男,教授,硕士生导师,主要从事通信与信息系统研究。

少,特别是被变换的抽样点数 N 越多,FFT 算法计算量的节省就越显著^[5]。在传统的快速傅里叶算法基础上,可以利用采集的时域波形是实序列这个特点,进一步节省内存空间,提高计算的效率。

2.3 模拟调制设计

模拟通信信号调制主要包括幅度调制和角度调制,其中幅度调制中主要包括 AM 调制、DSB 调制、SSB 调制和 VSB 调制。角度调制中主要包括 PM 和 FM。

AM 调制时域和频域公式:

$$s_{AM}(t) = [A_0 + m(t)] \cos \omega_c(t) = A_0 \cos \omega_c(t) + m(t) \cos \omega_c(t) \quad (1)$$

$$S_{AM}(\omega) = \pi A_0 [\delta(\omega + \omega_c) + \delta(\omega - \omega_c)] + \frac{1}{2} [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)] \quad (2)$$

DSB 调制时域和频域公式:

$$s_{DSB}(t) = m(t) \cos \omega_c t \quad (3)$$

$$S_{DSB}(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)] \quad (4)$$

SSB 调制频域公式:

$$S_{SSB}(\omega) = S_{DSB}(\omega) H_{SSB}(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)] H_{SSB}(\omega) \quad (5)$$

$$S_{SSB}(t) = \frac{1}{2} m(t) \cos \omega_c(t) \mp \frac{1}{2} m(t) \sin \omega_c(t) \quad (6)$$

VSB 调制频域公式:

$$S_{VSB}(\omega) = S_{DSB}(\omega) H_{VSB}(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)] H_{VSB}(\omega) \quad (7)$$

PM 调制时域公式:

$$s_{PM}(t) = A \cos[\omega_c t + K_p m(t)] \quad (8)$$

FM 调制时域公式:

$$s_{FM}(t) = A \cos[\omega_c t + K_f \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau] \quad (9)$$

由式(1)~(9)可知,AM 调制信号可以直接由时域计算得到,通过快速傅里叶变换后可以得到频域的数据。DSB 调制信号则要把数据中的直流成分去掉,然后在时域中计算得到。SSB 和 VSB 调制信号采用数字滤波的方法实现。先要把去直流后的语音数据通过傅里叶变换转换到频域,经过高通或低通数字滤波器后再由傅里叶反变换到时域。PM 和 FM 在表现形式上很像,都是要把信号采集的信息转换为角度的变化,然后再由时域计算生成。PM 和 FM 需要载波的分辨率较高,插入的数据较多。而绘图需要占用大量的时间,适当减少绘图的点,可以提高系统的实时性。

2.4 载波产生算法

数字方式产生正弦载波的方法,主要有 DDS 数字频率合成、CORDIC 算法^[6]以及对这 2 种算法的改良,其中在数字计算机中采用压缩的 DDS 数字频率合成方法比较实用,主要存在的问题是量化误差和相位杂散带来的误差。为了减小这 2 个误差,量化的时候存储正弦波的数据位数应尽量多一些,采样的时候密度应尽量大一些。这就需要大量的存

储空间,对于系统内存的要求非常的高。可以使用一些方法减小内存的使用量。相位误差在一些特定的点为零,利用相位误差的这个特点,也可减少误差。

为了提高计算的效率,载波数据采用 DDS 查表产生。要根据需要产生的载波频率,选择好正弦波的采样频率,尽量选择采样频率为时钟频率 2 的幂次,这些点的相位误差为零。

储存方面,采用了 $\pi/2$ 压缩结合线性插值的方法,可减少 3/4 的内存使用量。

3 具体实现程序

3.1 声卡采集程序

声卡采集程序使用了 Windows 提供的一组 API 函数。为了方便从音频数据缓冲区中提取数据,Windows 定义了 2 个结构体:一个是 Wave_audio 数据格式 WAVEFORMATEX;另一个是 Waveform_audio 缓存格式 WAVEHDR。WAVEFORMATEX 用来初始化声卡,定义了声卡的数据格式、声道数、采样频率、样本大小等。WAVEHDR 用于配置内存给声卡,定义了内存的指针、长度、已录音的字节长度等。本程序中用到的 API 函数^[7]包括 waveInOpen、waveInPrepareHeader、waveInAddBuffer、waveInStart、waveInReset、waveInClose。声音数据输出用到的有 waveOutOpen、waveOutWrite、waveOutRest、waveOutPrepareHeader、waveOutClose。

声卡输入的时候会有 3 个消息 MM_WIM_OPEN、MM_WIM_DATA、MM_WIM_CLOSE。相应的在声卡输出的时候也有 3 个消息:MM_WOM_OPEN、MM_WOM_DONE、MM_WOM_CLOSE。产生的 MM 消息通过 CALL_BACKTHREAD 的方式处理,在消息泵中添加相应的相应函数,在产生消息后就会执行相应的工作。MM_WIM_OPEN:打开设备时消息,在此期间进行一些初始化工作。MM_WIM_DATA:当缓存已满或者停止录音时的消息,处理这个消息可以保存已录好数据,同时对缓存进行重新分配,实现不限长度录音,同时这个部分也是模拟通信信号调制模块和画图模块的入口,这样就可实现时时的调制显示。MM_WIM_CLOSE:关闭录音设备时的消息。

声卡的输出过程和声卡的输入基本相同,首先定义 WAVEFORMATEX 结构,然后调用 waveOutOpen 函数打开输出设备,再向缓冲区中填入根据算法产生的数据。当数据满时,系统会依据 waveOutOpen 设定对 WIM_DONE 消息进行处理。程序流程如图 2 所示。

3.2 模拟调制程序

模拟调制的基本原理可参考文献^[7],由于篇幅的关系,本文只给出 VC++ 实现的程序流程,如图 3 所示^[8]。

3.3 绘图程序

曲线的绘图程序采用的是 NTGraph 控件^[9]。NTGraph 控件是一个开源的 ActiveX 控件,可以从网上下载到源代码,注册后,就可以从 VC++ 的 ActiveX 控件库中直接调用。NTGraph 控件提供了一些函数很方便进行曲线图的绘制。绘制效果如图 4 所示。

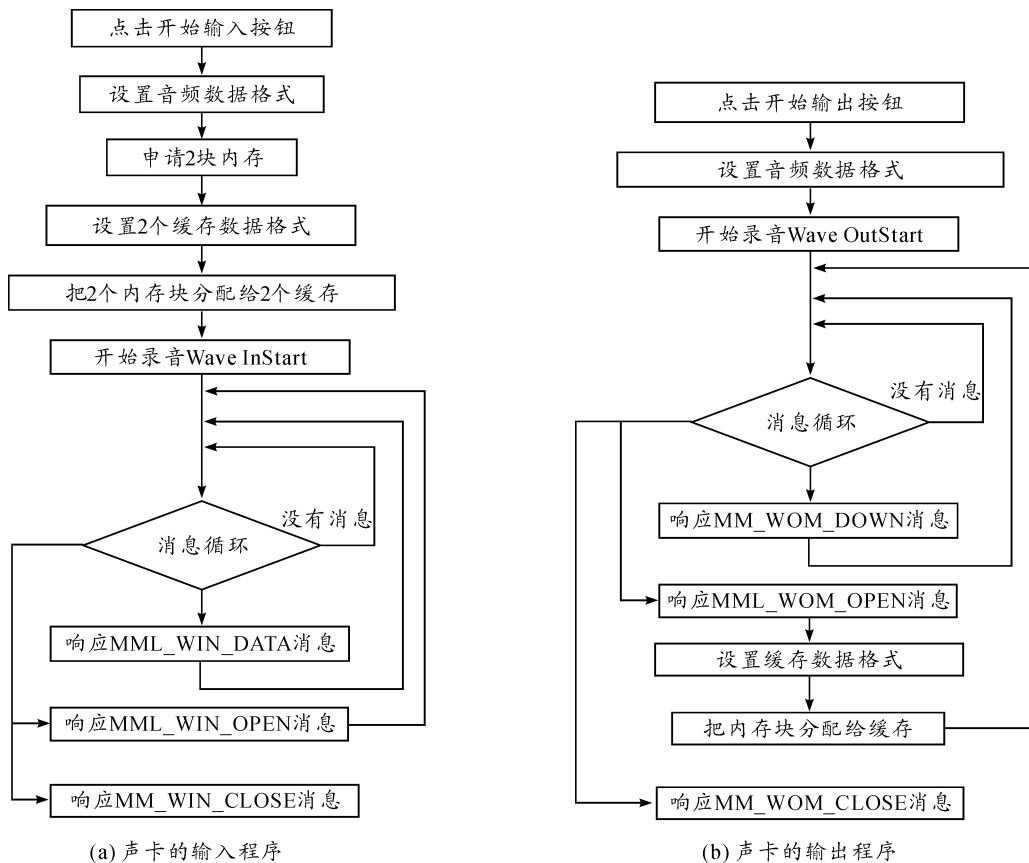


图2 声卡的输入输出程序流程

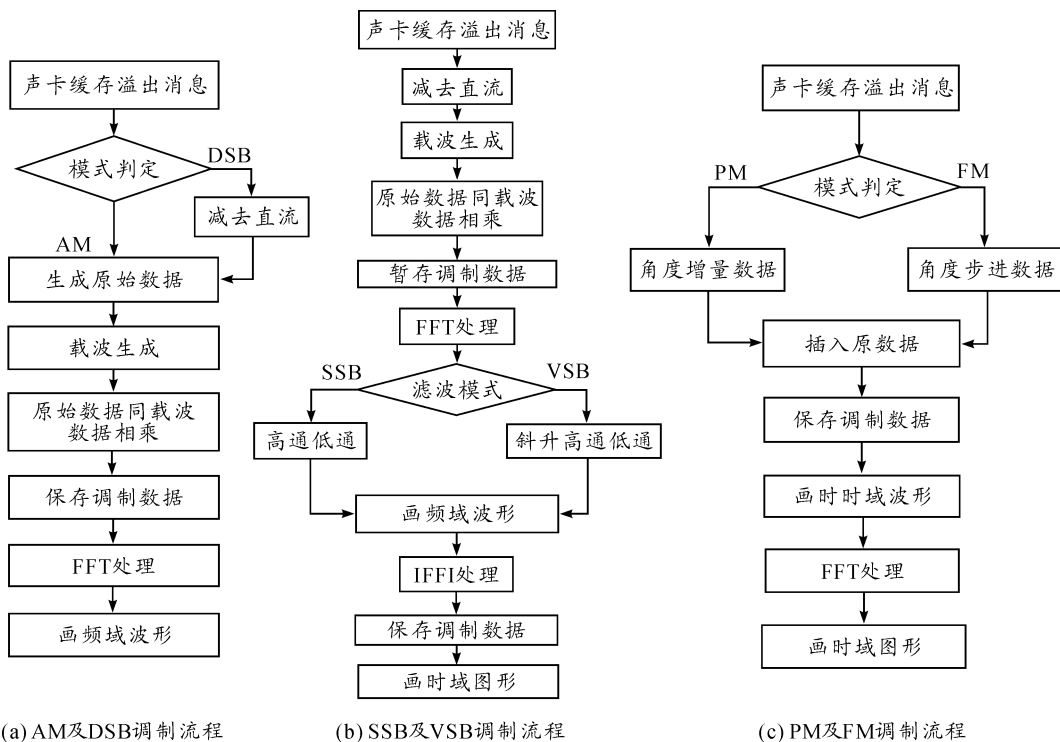


图3 模拟通信信号调制流程

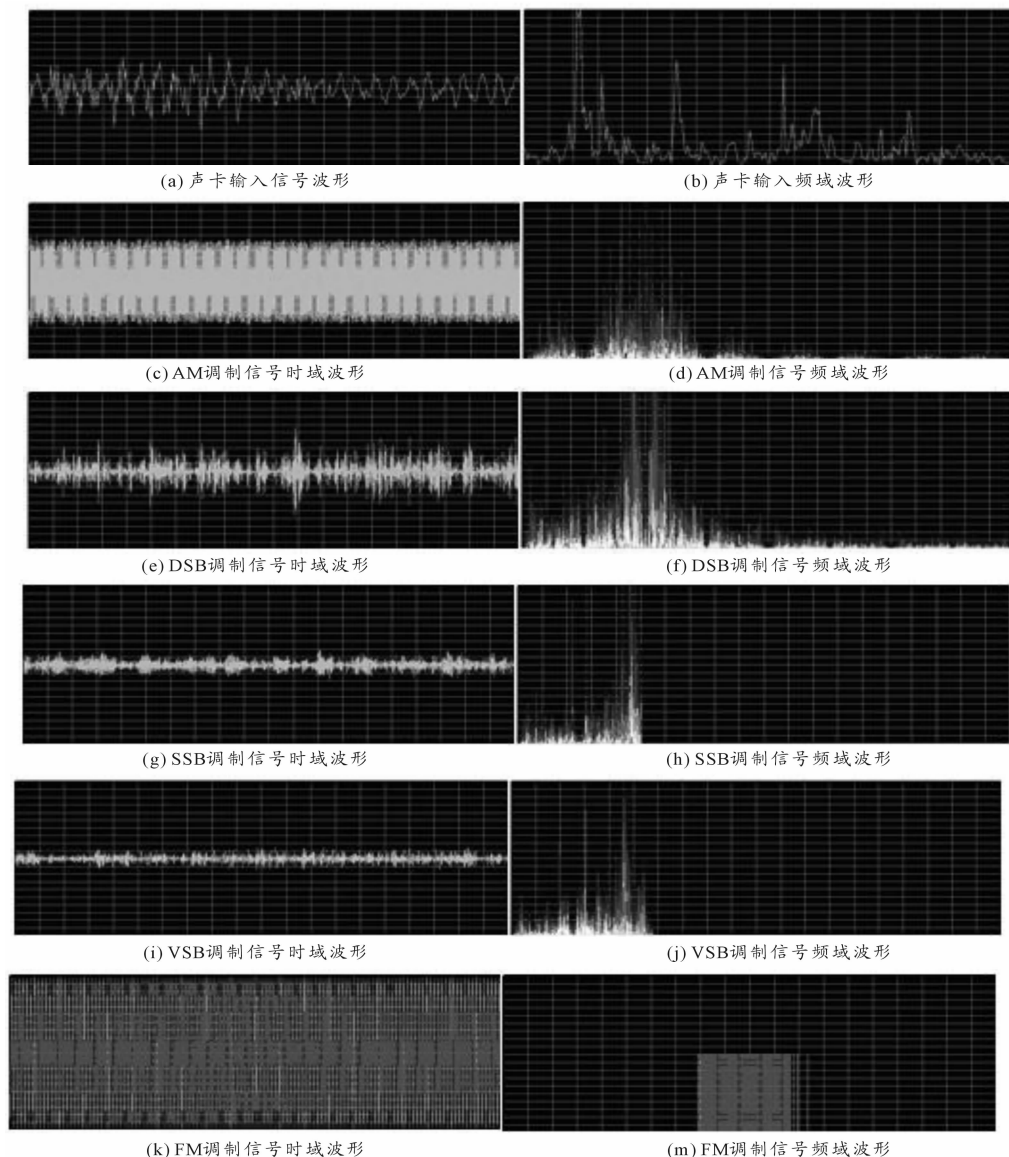


图4 模拟调制信号波形绘制图

4 结束语

采用VC设计了一种通信信号仿真实验平台。实现了语音信号的采集,以及AM、DSB、SSB、VSB和FM调制波形的仿真和时域频域波形绘制。该平台成本低廉,代码公开,非常方便与学生的使用,是对现有的SystemView、Matlab和LabVIEW实验体系的很好补充。该平台的使用可以很好地提高学生对于通信原理课程的理解,调动学生的学习兴趣,提高工程实践能力,对于前后课程知识的整合也有较好的作用。

参考文献:

[1] 江伟. 通信信号的仿真平台设计与实现[D]. 长沙:国防科技大学,2006.
 [2] 谭学治. 基于MATLAB的多功能通信信号源仿真[J]. 电子器件,2006,29(3):963-966.

[3] 王培,张新,刘芳. 基于Matlab的汽车横向稳定性模型[J]. 重庆工学院学报:自然科学版,2009,23(10):21-25.
 [4] 张波,沈火明. 基于Matlab的壳体有限元分析[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2010,24(12):77-80.
 [5] Uwe Meyer-Baese. Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays [M]. 2 Edition. America: Springer Ltd,2003.
 [6] 谢建华. 基于CORDIC算法的DDS技术研究实现[D]. 无锡,江南大学,2008.
 [7] 樊昌信,曹丽娜. 通信原理[M]. 6版. 北京:国防工业出版社,2009.
 [8] 胡合松. 基于VC++的虚拟声卡示波器设计[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2006,28(5):58-61.
 [9] 杨钦,徐永安,霍红英. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社,2005. (责任编辑 刘 舸)