

基于 DDS 技术的高频正弦波发生器的设计

Design of High Frequency Sine Signal Generator Based on DDS

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;

2.中国科学院研究生院;3.东北师范大学) 徐正平^{1,2} 翟林培¹ 田雅男³ 张宏巍^{1,2}

XU Zheng-ping ZHAI Lin-pei TIAN Ya-nan ZHANG Hong-wei

摘要:以混合信号单片机 C8051F020 及 DDS 芯片 AD9834 为核心,采用直接数字合成(DDS)技术完成多功能高频正弦信号发生器的设计。该正弦信号发生器可输出可调频稳定正弦信号,频率最高可达 15MHz,频率步进为 100Hz、1KHz、10KHz 三级步进,在 50 欧姆电阻负载情况下输出电压峰峰值在 2.54V 至 10.40V 之间;同时可以产生模拟调幅(AM)信号、模拟调频(FM)信号、二进制 ASK、PSK、FSK 信号。其中:AM 信号的调制度可以 10%步进调节,FM 信号最大频偏可以在 5KHz/10KHz 之间选择。

关键词:直接数字合成;正弦信号发生器;高频

中图分类号: TP33

文献标识码: A

Abstract: The high frequency sine signal generator, which is based on the technology of Direct Digital Synthesize (DDS), is designed by making use of C8051F020 and AD9834. The sine signal generator could produce steady sine signal with frequency up to 15MHz, while the frequency could be regulated in step of 100Hz, 1KHz or 10KHz. When the load resistor is 50 ohm, the peak value of the sine signal generator is between 2.54 volt and 10.40 volt. In this system, AM, FM, ASK, PSK and BFSK are also produced. The modulation of AM could be regulated in step of 10%, and the biggest biased frequency of FM could be selected between 5KHz and 10KHz.

Key words: Direct Digital Synthesize; Sine Signal Generator; High Frequency

1 引言

正弦信号应用极为广泛,通常作为标准信号,用于电子学性能实验及参数测量,故要求正弦波信号发生器输出波形具有较高的精度、稳定度及低失真度。产生正弦信号的方法很多,可以采用函数发生器 MAX038 或 ICL8038 集成芯片外接分立元件来实现,通过调节外接电容或电阻来设置输出信号频率。但输出信号受外部分立器件参数影响很大,且输出信号频率不能太高,同时无法实现频率步进调节。另外,采用 FPGA+D/A 可实现正弦信号发生器的设计,同时可实现频率步进调节,但当输出高频信号时,需要高速 D/A 来配合工作。

本文采用直接数字合成(DDS)技术,采用专用集成芯片 AD9834 作为正弦波产生模块,由 C8051F020 作为控制器来完成整个系统的设计。实验结果显示:输出信号频率在 1KHz 至 15MHz,且无明显失真,输出信号频率实现 100Hz、1KHz、10KHz 三级步进调节;在 50 欧姆电阻负载情况下,输出电压峰峰值在 2.35V 至 10.45V 之间;同时可实现模拟调幅信号(AM)、模拟调频信号(FM)、二进制幅移键控信号(ASK)、二进制频移键控信号(FSK)及二进制相移键控信号(PSK)的输出;AM 信号的调制度以 10%步进调节;FM 信号最大频偏为 5KHz/10KHz 可选。

2 系统设计

系统总体框图如图 1 所示。系统选取集成混合信号 C8051F020 单片机作为主控制器,通过键盘与显示控制芯片 7279 来接收功能选择、参数设置等信息,并将输出信号频率等信息实时送往数码管显示。同时,控制器将读取的按键信息转换成控制命令通过串行接口送给 AD9834,由 AD9834 产生正

弦信号、ASK、PSK、FSK 及 FM 信号。而 AM 信号的产生则由输出的正弦信号与 1KHz 的带偏置正弦信号相乘来实现,通过调节直流分量来调节 AM 信号调制度。

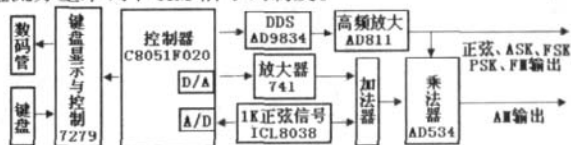


图 1 系统总体框图

2.1 正弦信号发生模块

直接数字合成(DDS)技术具有输出信号精度高、变频速度快、输出信号连续、控制方便及性价比高等诸多优点,因而适用于高频、高精度正弦信号发生器的设计。本系统选取 AD9834,其工作原理示意图如图 2 所示。它由频率字寄存器、相位字寄存器、相位累加器、加法器、正弦 ROM 表及 DAC 组成。在控制时钟信号作用下,累加器将与输出信号频率对应的频率字进行累加,然后与相位字相加以形成最终相位信息。正弦 ROM 表则将相位信息转化为幅值信息,然后由 DAC 生成正弦信号。

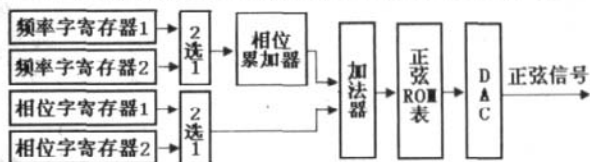


图 2 AD9834 工作原理示意图

AD9834 频率寄存器为 28 位,其输出信号频率 f_{out} 与基准频率 f_{CLK} 的关系如下:

$$f_{out} = \frac{FWord}{2^{28}} \cdot f_{CLK} \quad (1)$$

式中:FWord 为写入频率字寄存器的 28 位值。

输出信号频率精度主要由基准频率精度决定。为增大 AD9834 输出信号幅值,采用高频运放 AD811 进行信号放大。但考虑到输出信号幅值随频率增大而减小的不足,系统采用数控电位计 X9C102 来实现可变增益放大,即依据输出信号频率的不同来改变数控电位计的值,以改变增益。可变增益放大器原理示意图如图 3 所示。

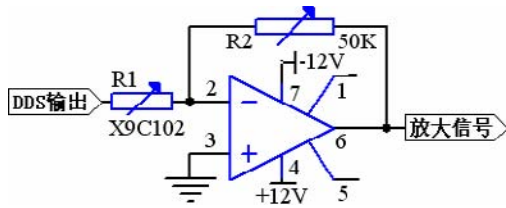


图 3 可变增益放大器原理示意图

图中:R1 为数控电位计 X9C102 的等效电阻值。

2.2 PSK、FSK、ASK 信号的产生

AD9834 有两个相位字寄存器 PHASE0、PHASE1,可通过片外引脚 PSELECT 或片内控制寄存器相关位来选择 PHASE0 或 PHASE1 中的值作为输出信号的初始相位字。据此,向 PHASE0 和 PHASE1 分别写入 0 和 所对应的数值 (000H 和 800H),由控制器 C8051F020 产生 10kbps 的二进制基带序列接到端口 PSELECT 上,输出端便可得到二进制 PSK 信号。

同样,AD9834 有两个频率字寄存器 FREQ0、FREQ1,可通过片外引脚 FSELECT 或片内控制寄存器相关位来选择 FREQ0、FREQ1 中的值作为输出信号的频率字。向 FREQ0 和 FREQ1 分别写入两不同频率所对应的数值,并由控制器 C8051F020 产生 10kbps 的二进制基带序列接到端口 FSELECT 上,输出端便可得到二进制 FSK 信号。

而 ASK 信号的生成方法与 FSK 的生成方法类似,唯一不同的是:须将一个频率字寄存器中写入 0Hz 所对应的数值。

2.3 模拟调频 FM) 信号、模拟调幅 AM) 信号的产生

本模块用一个按键实现最大偏频为 5KHz/10KHz 二级程控的选择。用 8038 产生一个频率为 1kHz、峰峰值为 2V 的正弦波作为调制信号,依据按键信息判断是 5K 偏频还是 10K 偏频,然后单片机 F020 的 A/D 采集调制信号,利用公式 2 把频率转换成数字量写入 AD9834 的频率字寄存器中,从而实现模拟调频。

$$\begin{cases} FWord = (f_{\text{中心}} + \frac{D_{\text{采样}} - 128}{128} \times 5000) \times 2^{28} / f_{\text{MCLK}} (5KHz \text{ 偏频}) \\ FWord = (f_{\text{中心}} + \frac{D_{\text{采样}} - 128}{128} \times 10000) \times 2^{28} / f_{\text{MCLK}} (10KHz \text{ 偏频}) \end{cases} \quad (2)$$

式中:FWord 为向频率字寄存器中写入的数值; $f_{\text{中心}}$ 为模拟调频信号中心频率; $D_{\text{采样}}$ 为 C8051F020 中 8 为 A/D 模块采集调制信号所得结果。

将 8038 产生的频率为 1kHz 的正弦信号作为调制信号,而控制器 C8051F020 的 D/A 模块产生直流信号,两信号通过加法电路形成有偏置的正弦调制信号。此信号与 AD9834 产生的正弦信号(载波)经乘法器 AD534 产生模拟调幅波。通过调节直流信号大小可以改变模拟调幅信号的调制度。

2.4 按键与显示模块

该模块选用键盘显示管理芯片 7279 来实现。7279 可以自动扫描按键阵列,并将按键信息存储。控制器可以通过串行接口读取按键信息,并可将要显示的信息送入 7279,由 7279 自动完成数码管的扫描显示。这种设计既简化硬件连接,又便于软件处理。

2.5 系统软件设计

系统软件设计的总体思想是:控制器读取键盘信息,如果是功能键按下,则根据功能选择执行相应的功能程序段;如果是调节键按下,则暂停信号输出,直至参数设置完毕后,再根据功能选择项输出相应信号。

3 测试结果

对本系统最终结果进行了实验测定,结果如表 1 所示:

表 1 系统测试结果

输出信号	性能指标
正弦信号	频率范围: 1KHz—1.5MHz 步进调节: 100Hz、1KHz、10KHz 三级步进 失真度: 无明显失真 输出电压峰峰值: 10.4V—2.54V (50 欧电阻负载) 频率稳定度: 优于 10^{-4}
AM 信号	调制度: 10%~100%之间程控调节 调制度步进量: 10%
FM 信号	最大频偏调节: 5KHz/10KHz 最大频偏
ASK、PSK、FSK 信号	基带序列速率: 10Kbps

4 结论

本文采用高性能混合信号 C8051F020 单片机和 DDS 芯片 AD9834 实现高频正弦信号发生器的设计,克服了传统方法中输出信号受外界元件参数影响的缺点,同时 AD9834 内部集成有高速 A/D,可直接输出正弦信号,避免外接 A/D,简化系统硬件结构,提高了系统稳定性;基于 AD9834 频率字及相位字可选的特点,外接部分电路即可产生 AM、FM、ASK、PSK、FSK 等调制信号;AD9834 输出正弦信号精度高、稳定性好、输出信号连续,控制方便。将基于上述优点的信号发生器应用于工程实践中,可以提高系统性价比,创造良好的经济效益。同时,基于 DDS 技术的信号发生器将获得广泛的应用。

本文作者创新点:利用乘法器将带偏置的正弦调制信号与载波信号相乘以产生 AM 信号,通过调节直流分量的大小以调节 AM 信号调制度;通过 A/D 采集调制信号,依据调制信号幅值信息来改变输出信号频率,从而实现 FM 信号的产生。

参考文献

- [1]Intersil.ICL8038 Datasheet[Z].2001.
 - [2]Maxim.Max038 High-Frequency Waveform Generator[Z].1996.
 - [3]潘松,黄继业.EDA 技术与 VHDL[M].2 版.北京 清华大学出版社 2007.
 - [4]方忠民,拜继颂.基于 DDS 的 AD9833 高性能正弦波恒流源设计[J].微计算机信息 2007,11-2 300-301.
 - [5]彭文标,黄悦华.基于 DDS 技术的信号源设计与实现[J].微计算机信息 2007,16-2:271-272.
 - [6]王建明.基于 DDS 技术的多波形信号源设计[D].北京 北京理工大学 2003.
 - [7]Analog Device.AD9834 Preliminary Technical Data[Z].2002.
 - [8]Intersil.X9C102 Datasheet[Z].2006.
- 作者简介:徐正平(1983—),男(汉族),河南许昌人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生,主要研究方向为精密仪器开发。

Biography: XU Zheng -ping (1983—), Male (Han), Henan Province.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences.Master.Researching interested in fine instrument development.

(130033 长春中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)
徐正平 翟林培 张宏巍
(100039 北京 中国科学院研究生院) 徐正平 张宏巍

(下转第 21 页)

本系统的另一个关键是在嵌入式架构上实现 G.723.1 的编解码。该标准能够对输入的模拟语音信号用 8kHz 采样, 16bit 线性 PCM 量化的语音信号压缩成 6.3Kbps 或 5.3Kbps 的比特流。G. 723. 1 的两种码率根据不同需求可供选择, 高码率为 6.3kb/s, 采用多脉冲最大似然量化(MP-MLQ)编码算法, 具有较高的重建语音质量; 低码率为 5.3kb/s, 以 ACELP 算法为基础, 计算复杂度则较低。本系统中采用 ACELP 算法的低码率语音压缩。限于篇幅, 本文在此不详述, 可参阅参考文献中。

4.4 H.245 协议的实现

H.245 协议的全称是多媒体通信控制协议, 他给出了一组用于描述终端信息, 带宽协商等食物消息的语法和语义, 主要提供端到端的信令功能, 以便通信双方能正确的互联。H.245 的信令控制 H.324 系统的操作, 包括能力交换, 逻辑通道的打开和关闭, 模式优先请求, 复用表项传输, 流量控制消息, 通用命令和指示。可参见参考文献

在系统实现的时候, 利用 SRP 简单重传协议提供可靠的 H.245 码流的传输, 采用一个发送标记, 当发送一个命令帧后, 激活该标记, 此时后续的命令帧都不进行发送, 当收到相应帧后, 清除该标记, 发送下一个命令帧。期间若有超时没有收到响应帧, 则重发当前帧; 若重发多次仍没有收到响应帧, 则终止通信, 并报知应用程序通信错误。整个过程由 ARM 来进行控制。

4.5 H.223 协议的实现

H.223 协议是低位率多媒体通信复用协议。分为复用层 (MUX) 和适配层 (AL), AL 负责将从用户层和 IO 层获取的不同数据流转换。AL 分为 AL1、AL2、AL3 一共三层, 分别进行数据和控制码流、音频码流、视频码流的传输。MUX 将 AL 的码流按照复用表进行码流复用。该协议由 ARM 来完成。具体可参见参考文献

5 结束语

本文作者创新点是提出了一种基于纯 RISC 架构的嵌入式的终端平台, 利用该平台的灵活架构在该平台上遵 H.324 协议的可视电话。该系统在建立稳定的模拟通话之后, 通信双方按下可视键, 建立连接。视频在 QCIF(176x144)之下, 能稳定的达到 10 帧的速率, 人物清晰, 唇形同步活动图像及伴音之间的同步较好。很好的实现了可视电话的功能。在 QCIF 分辨率下, 能稳定的达到 10 帧的速率, 语音清晰, 能达到视频通话的要求。系统平台构造简单, 在该平台之上能很容易的进行相应的扩展智能化。目前已有公司对其进行商业应用, 利用该方案设计的可视电话目前月产 3 千台, 产生了可观的经济和社会效益, 经济效益达三千万元。

参考文献

- [1]ITU-T Recommendation H.324. Terminal for Low Bit Rate Multimedia Communication, [M], 1998
- [2]ITU-T Recommendation H.263, Video coding for low bit rate communication, [M], 1998
- [3]An introduction to the ITU-T H.263 video compression standard: concepts, features and implementation
- [4]熊明昭等. RISC+DSP 架构的 H.324 电话设计和实现 《计算机与数字工程》2005/06
- [5]路羊等. 基于 TITMS320DM640 平台的 H.324 可视电话设计

及任务调度策略 《微计算机信息》微计算机信息 2005 ,12-2 : 55-56。

作者简介: 邓中亮(1965.6 -), 男, 湖南人。北京邮电大学电子工程学院教授, 博士生导师。北京邮电大学电子工程学院院长, 北京市青年学科带头人, 中国工程图学学会委员, 中国机械学会高级会员, 机床专业委员会委员, 北京航空航天大学兼职教授《制造技术与机床》编委。1996 年至今于北京邮电大学任教, 主要从事智能化 CAD/CAM 技术、通信系统与终端、微机电电子系统。

Biography: DENG Zhong-liang (1965.6 -), Male, Hu Nan, Electronic Engineering School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Professor, Major in Computer Engineering, Research in CAD/CAM, Communication system and terminal, MEMS.

(100876 北京邮电大学电子工程学院) 邓中亮 王宇强

通讯地址: (100876 北京海淀区西土城路北京邮电大学电子工程学院) 邓中亮

(收稿日期: 2009.01.03)(修稿日期: 2009.02.05)

(上接第 68 页)

(1300247 长春 东北师范大学物理学院) 田雅男

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) XU Zheng-ping ZHAI Lin-pei ZHANG Hong-wei

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) XU Zheng-ping ZHANG Hong-wei

(Physics Department, Northeast Normal University, Changchun 130024, China) TIAN Ya-nan

通讯地址: (130033 吉林长春东南湖大路 16 号长春光机所航测部 1426 室) 徐正平

(收稿日期: 2009.01.03)(修稿日期: 2009.02.05)

《现场总线技术应用 200 例》

现场总线技术是现代工厂、商业设施、楼宇、公共设施运行、生产过程中的现场设备、仪表、执行机构与控制室的监测、控制装置及管理与控制系统之间的数字化、多点通信互连的, 数据总线式智能底层控制网络。

现场总线技术保证了现代工厂、商业设施、智能楼宇、公共设施(自来水、污水处理、输变供电、燃气管道、自动抄表、交通管理等), 高可靠、低成本、安全绿色生产运行, 同时易于改变生产工艺, 多品种生产过程。

本书 200 个应用案例, 介绍了 profibus、FF、CAN-bus、DeviceNET、WorldFIP、INTERbus、CC-Link、LonWorks 及 OPC、工业以太网、TCP/IP 在石油、化工、电力、冶金、铁路、制烟、造酒、制药、水泥、电力传动、机械、交通、设备管理、消防、自来水厂、电解铜、电解铝、继电保护、粮仓及储运、汽车检测、油库管理、造纸、气象、远程抄表、电缆生产、暖通空调、电梯、楼宇自动化及安防、……, 各方面的应用。

本书是工程设计人员、设备维护人员、设备采购人员、技术领导干部、大、中专学校教师的案头参考书, 同时也是大专院校本科生、研究生做课题、搞毕业设计的必备参考书。有志向有兴趣的高中以上文化水平的人均为本书读者。

本书已出版。大 16 开, 每册定价 110 元 (含邮费)。预购者请将书款及邮资费通过邮局汇款至地址: 北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编: 100081
电话: 010-62132436 010-62192616 (T/F)
http://www.autocontrol.com.cn http://www.autocontrol.cn
E-mail: editor@autocontrol.com.cn; control-2@163.com