

DDS原理及基于FPGA的实现

刘丽丽 樊延虎 高 瑛
(延安大学 物理与电子信息学院)

摘要: 本文主要介绍了DDS的原理及通过FPGA来实现。

关键词: 直接数字频率合成; 现场可编程门阵列

Principle and Implementation of DDS Based on FPGA

Liu Lili Fan Yanhu Gao Ying
(College of Physics & Electronic Information, Yanan University)

Abstract: This paper mainly introduces the principle of Direct Digital Synthesis and its implementation based on FPGA.

Key words: DDS; FPGA

直接数字频率合成技术(Direct Digital Synthesis ,DDS)是一种从相位概念出发直接合成所需要的波形的新的全数字频率合成技术, 该技术具有频率分辨率高、频率变化速度快、相位可连续性变化等特点, 在数字通信系统中被广泛采用, 是信号生成的最佳选择^[1]。目前市场上可以见到很多集成的、多功能的专用DDS芯片, 像AD9835、AD9954、AD9959等。但是在某些场合, 专用DDS芯片在控制方式、频率控制等方面与系统的要求差别很大, 现场可编程门阵列(FPGA)器件具有工作速度快、集成度高、可靠性高和现场可编程等优点。利用它来设计符合自己需要的DDS电路是一个很好的解决方法。

1 DDS的基本原理

DDS的主要思想是从相位的概念出发合成所需要的波形, 其结构由相位累加器、波形存储器、数模转换器、低通滤波器和参考时钟五部分组成^[2], 其基本原理框图如图1所示。

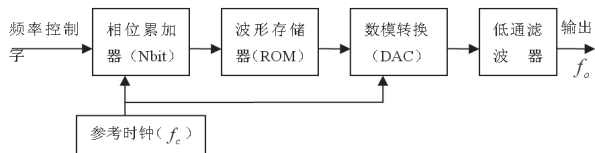


图1 DDS原理方框图

理想的正弦波信号 $S(t)$ 可表示成

$$S(t) = A \sin(2\pi f_0 t + \phi) \quad (1)$$

式(1)说明只要正弦波信号的幅度 A 和初始相位 ϕ 不变, 它的频谱就是关于 f_0 的一条谱线。为了分析简化起见, 可令 $A=1$, $\phi=0$, 这不会影响对频率的研究。即:

$$S(t) = \sin(2\pi f_0 t) = \sin \theta(t) \quad (2)$$

$$\text{式中, } \theta(t) = 2\pi f_0 t \quad (3)$$

对式(2)的信号进行采样, 采样周期为 T_c (即采样频率为 f_c), 则可得到离散的波形序列:

$$S(n) = \sin(2\pi f_0 n T_c) \quad (n=0,1,2,3,\dots) \quad (4)$$

相应的相位离散序列为:

$$\theta(n) = 2\pi f_0 n T_c = \Delta\theta \cdot n \quad (n=0,1,2,3,\dots) \quad (5)$$

$$\text{式中, } \Delta\theta = 2\pi f_0 T_c = 2\pi f_0 / f_c \quad (6)$$

是连续两次采样之间的相位增量。根据采样定理:

$$f_0 < \frac{1}{2} f_c, \text{ 从式(4)出来的离散序列即可唯一地恢复出式}$$

(2)的模拟信号。由式(6)得:

$$f_0 = \frac{\Delta\theta}{2\pi T_c} \quad (7)$$

由此可知决定输出频率的是两次采样之间的相位增量 $\Delta\theta$, 因此, 只要控制这个相位增量, 就可以控制合成信号的频率。将整个周期的相位 2π 分成 $M(M=2^N)$ 份, 每一份为 $\delta = \frac{2\pi}{M}$, 若每次的相位增量选择为 δ 的 K 倍, 即可得到信号的频率:

$$f_0 = \frac{K \delta}{2\pi T_c} = \frac{K}{M} f_c \quad (8)$$

相应的模拟信号为:

$$S(t) = \sin(2\pi \frac{K}{M} f_c t) \quad (9)$$

式中 K 和 M 都是正整数, 根据采样定理的要求, K 的最大值应小于 M 的 $1/2$ 。由式(8)得:

$$f_0 = \frac{K}{2^N} f_c \quad (10)$$

因此, 通过改变频率控制字 K 就可以改变输出频率。

由上式可知, DDS的最小输出频率也即DDS的频率分辨率为:

$$f_0 = \frac{1}{2^N} f_c \quad (11)$$

综上所述, 在采样频率一定的情况下, 可以通过控制频率控制字 K 来控制所得离散序列的频率, 经保持、滤波之后可唯一地恢复出此频率的模拟信号^[4]。

2 基于FPGA技术实现DDS的方案

用FPGA实现DDS的基本工作过程为: 通过VXI接口电路将生成的数据存入固定数据RAM中, 然后用FPGA设计的相位累加器来计算并选择RAM中的数据存放地址, 最后将数据给定的频率控制字输出, 经DAC转换即实现了任意波形输出。原理图如图2所示。虚线部分可用FPGA来实现。

图2 基于FPGA实现DDS原理框图(参见下页)

图2中参考时钟由高稳定的晶体振荡器产生, 主要用于控制DDS中各器件同步工作。虚线部分相当于相位累(下接43页)

3 结论

通过以上在实际工程项目中的应用,证实了利用INSP协议集中管理WLAN中AP设备的可行性。集中管理AP设备的方案很好地减少了管理大型WLAN的难度,提高了管理、升级WLAN设备的效率,具备很好的使用前景。此方法可以扩展到管理其它WLAN设备,甚至扩展到有线局域网的设备管理方面。

参考文献:

- [1] 刘乃安. 无线局域网(WLAN)--原理、技术与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004
- [2] Yagbmour K. 构建嵌入式Linux系统, 第一版[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004. 12.
- [3] Network Working Group. Configuration and Provisioning for Wireless Access Points (CAPWAP) Problem Statement[R]. RFC3990. 2005, 2.
- [4] Subramanian M. 网络管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003, 2.
- [5] Network Working Group. Hypertext Transfer Protocol-HTTP/1.0[R]. RFC1945. 1996, 5.

(上接46页)

- [4] 方俊, 赵秋明, 莫玮. 零中频接收机DC偏移和IM2消除的探讨[J]. 桂林电子工业学院学报, 2004, 24(3): 50-53.
- [5] 庞敏, 林霞, 刘江洪. 零中频处理缺陷分析及改进初探[J]. 电子信息对抗技术, 2008, 23(3): 18-21.
- [6] 唐琴, 吴建辉. 零中频直流偏移消除技术比较与分析[J]. 微电子学, 2008, 38(6): 811-815.
- [7] Razavi B. Architectures and circuits for RF CMOS receivers [C]//IEEE 1998 Custom Integrated Circuits Conf, Santa Clara, CA. 1998: 393-400.
- [8] Zolfaghari A, Razavi B. A low-power 2.4-GHz transmitter/receiver CMOS IC [J]. IEEE J Sol Sta Circ, 2003, 38(2): 176-183.
- [9] 侯传教, 杨智敏. 电子电路的热设计[J]. 电子工艺技术, 2004, 25(2): 68-70.
- [10] 姚任天. 现在数字信号处理[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.

作者通信地址:

安徽医科大学物理教研室

(上接44页)

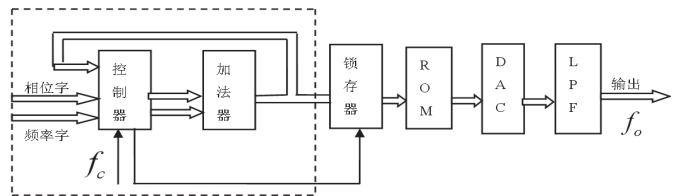


图2 基于FPGA实现DDS原理框图

加器, 它由N位加法器与N位相位寄存器构成, 它实际上是一个计数器。每来一个时钟脉冲, 加法器将相位增量数据与相位寄存器输出的累积相位数据相加, 把相加后的结果送至相位寄存器的数据输入端。相位寄存器将加法器在上一个时钟作用后所产生的新相位数据反馈到加法器的输入端, 以使加法器在下一个时钟的作用下继续与频率控制字相加^[3]。由此看来, 相位累加器在每一个时钟脉冲输入时, 把频率控制字累加一次, 相位累加器输出的数据就是合成信号的相位, 相位累加器的溢出频率就是DDS输出的信号频率。

3 结束语

采用FPGA设计DDS电路, 充分发挥了FPGA在系统可编程的优点, 可以通过软件灵活改变相关参数, 给设计带来很多方便。用FPGA设计DDS电路较采用专用DDS芯片更为灵活, 只要改变FPGA中的ROM数据, DDS就可以产生所需波形数据, 并且FPGA的功能完全取决于设计需要, 因而具有相当大的灵活性, 将DDS设计嵌入到FPGA芯片所构成的系统中, 其系统成本并不会增加多少, 因此, 采用FPGA来设计DDS系统具有很高的性价比。

参考文献:

- [1] 费元春. 宽带雷达信号与产生技术[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2005: 34-38.
- [2] 周洪敏, 王红玉, 顾艳丽. 直接数字频率合成技术及其实现方案[J]. 科技咨询导报, 2007(24): 121-122.
- [3] 王庆生. 频率合成技术综述[J]. 通信对抗, 2005(2): 5-12.
- [4] DDS信号源设计原理[EB/OL]. <http://blog.21ic.com/user1/5870/archives/2009/61280.html>

作者简介:

刘丽丽(1982-), 女, 陕西延安人, 延安大学, 助教, 硕士研究生
樊延虎(1956-), 男, 陕西延安人, 延安大学, 教授, 硕士生导师
高瑛(1985-), 女, 陕西延安人, 延安大学, 助教, 本科