

基于 TMS320AVC5509A 的任意波形发生器设计

Arbitrary Waveform Generator Design Based on TMS320VC5509A

石云* 滕曰 张瑞丽

SHI Yun TENG Yue ZHANG Rui-li

摘要 简要阐述了 DDS 技术的基本原理,介绍了一种由 TMS320VC5509A DSP 控制器为核心的任意波形发生器。详细叙述了该波形发生器的硬件设计原理及软件设计方法。本设计具有结构简单、性能稳定、生成波形精度高及可扩展性好等优点。

关键词 任意波形发生器 DDS TMS320VC5509A

Abstract The principle of DDS is introduced and the arbitrary waveform generator generator based on TMS320VC5509 DSP is presented. It describes the hardware design and software method of the arbitrary waveform generator in detail. This design is characterized by simple construction, reliability service, high precision, good expandability and so on.

Keywords Arbitrary waveform generator DDS TMS320VC55069A

随着科学技术的迅速发展,对信号源的要求也越来越高,不仅对信号源频率稳定性、准确度及分辨率要求很高,还需要生成各种任意波形的信号。

直接数字频率合成技术(Direct Digital Synthesis, DDS)采用全数字频率合成方法,所产生的波形具有输出分辨率高、频率切换速度快、输出相位连续及可输出任意波形等优点,在现代电子设计中得到了广泛的应用。

本文采用 DDS 算法,基于 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320VC5509A 为核心处理器设计了一款新型的任意波形发生器,该波形发生器生成波形精度高,而且硬件电路结构简单,性能稳定,并具有良好的可扩展性。

1 DDS 基本原理

DDS 技术是根据奈奎斯特采样定理,从相位的角度出发,以参考频率 f_c 对相位进行等间隔采样,将一系列数字量形式的信号通过数模转换器转换成模拟量形式信号的频率合成技术,DDS 的原理框图由图 1 所示。整个系统主要包括参考时钟 f_c 、相位累加器、正弦查找表、D/A 转换器及低通滤波器等。图 1 中, f_c 为时钟频率, K 为频率控制字, M 为相位累加器的字长, A 为正弦表地址。其基本原理为:在参考频率 f_c 作用下,相位累加器进行相位累加,其输出数据作为正弦查找表的取样地址进行相位-幅度转换,然后正弦查找表输出的幅度量化序列经 D/A 转换后变成阶梯波,最后通过低通滤波器平滑阶梯波,抑制不需要的抽样分量和其他杂散信号,进行输出频谱纯度较高的所需频率波形。根据奈奎斯特采样定理,当满足条件 $f_0/f_c < 1/2$ 时,采样的波形数据才能唯一的恢复模拟的波形,为了保证输出信号的质量,输出频

率不应高于时钟频率的 33%,以避免混叠或谐波落入有用的输出频带。

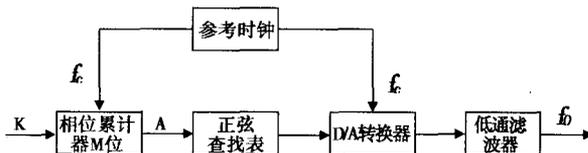


图 1 DDS 原理框图

2 任意波形发生器的硬件电路设计

任意波形发生器的总体结构框图如图 2 所示。主要包括 USB 数据通信模块、键盘及液晶显示模块、外扩 FLASH 模块、数模转换模块及低通滤波模块等。其中 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320VC5509A 为该波形发生器的核心器件,它是一款 16 位定点低功耗的 DSP 芯片,最高时钟频率可达到 200MHz。

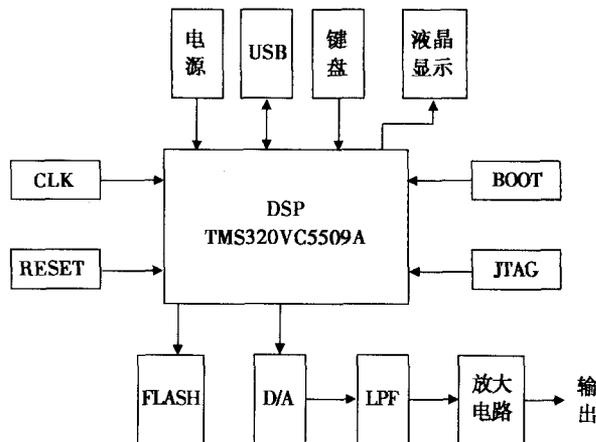


图 2 总体结构框图

任意波形发生器的工作过程是:首先由键盘输入所需波形的各个参数信息,并将该信息数据传入 DSP 芯片进行 DDS 算法处

* 海军航空工程学院青岛分院 山东青岛 266041

理,生成波形离散数据信息,然后将该离散数据信息通过 D/A 转换器、LPF 及信号放大电路,实现任意波形输出功能。

2.1 USB 接口电路设计

TMS320VC5509 与 PC 机之间采用 USB 通信方式实现双向高速传输,该方式具有可热插拔和传输速率快等特点,其电路连接图如图 3 所示。

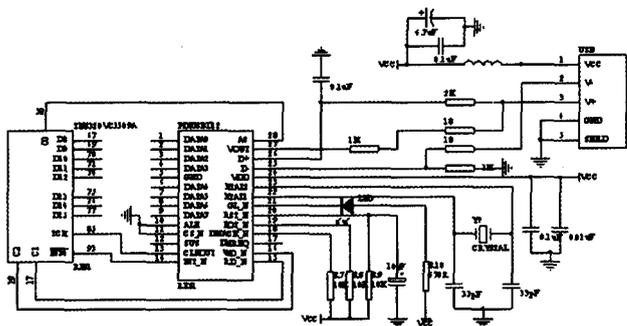


图 3 USB 接口电路连接图

TMS320VC5509A 与 PDIUSB12 通过总线方式进行连接,对 5509A 来说,PDIUSB12 是一个具有 8 位数据总线的存储设备。PDIUSB12 获取 USB 总线数据并对数据做相应协议处理之后以中断方式通知 5509A,5509A 根据相应的中断请求向 PDIUSB12 发送不同的请求数据,协同实现 USB 设备列举和数据传输。当外设经过 PDIUSB12 连接到集线器后,集线器就会检测外设的连接状态并向主机报告,主机一旦发现该设备就会发送一系列请求给集线器,以在集线器和主机之间建立一个通信通道。然后主机试图列举该设备,列举成功后,主机即可与外设进行通信,USB 总线进入数据传输阶段。

2.2 键盘电路设计

键盘电路设计较为简单,如图 4 所示,首先设置 TMS320VC5509A 的地址总线 A0-A8 作为 GPIO 口,采用 4*5 阵列键盘模式,通过定时循环读取外部键值,实现对输出波形的参数设置。

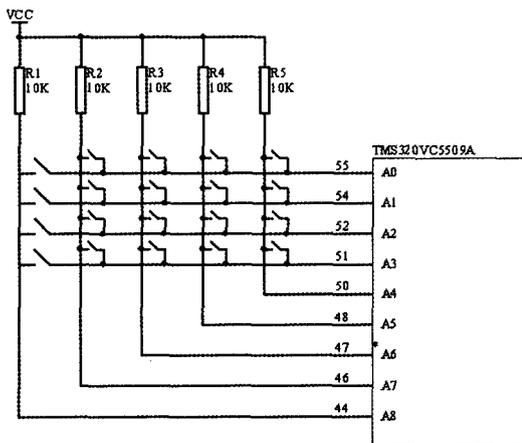


图 4 键盘电路图

2.3 液晶显示电路设计

液晶显示采用的是 LCM128645 点阵式液晶显示控制模块,

该模块可采用并行和串行两种接口方式,本设计采用并行接口方式,在该工作模式下,TMS320VC5509A 不仅可以向显示 RAM 内写入数据刷新液晶显示内容,还可以通过数据总线读取显示 RAM 的内容。图 5 为液晶显示接口电路连接图。

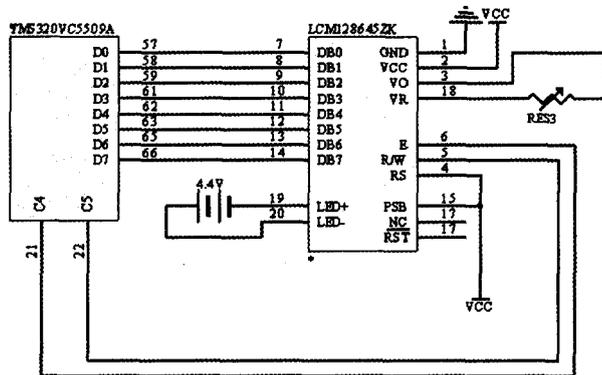


图 5 液晶显示接口电路

在并行模式下,需要将引脚 PCB 与供电电源连接,保持其高电平状态;8 位数据线 DB[0-8]与 TMS320VC5509A 的低 8 位数据线 D[0-8]进行连接;VO 和 VR 是 LCD 亮度调整端,通过可调电阻调整液晶显示亮度;LED+ 和 LED- 分别连接到 4.4V 电源正、负极;引脚 R/W 和 E 分别连接到 DSP 芯片的两个 I/O 引脚,本设计选用的是 C4 和 C5。

2.4 D/A 输出电路设计

D/A 输出电路直接影响输出信号的质量,是该设计的一个关键环节。TLV5614 是 TI 公司生产的四路 12 位电压输出型的数模转换芯片,具有灵活的四线串行接口,本设计采用 TMS320VC5509A 的 McBSP0(多通道缓存串口)方式实现 D/A 转换器与 DSP 的连接,如图 6 所示。TLV5614 的供电电压为 5V,参考电压 REF 取 2.5V,TLV5614 的 DIN 为串行数据输入引脚,SCLK 为串行时钟输入引脚,FS 为帧同步输入引脚,在电路连接中分别与 DSP 的 DX0,CLKX0 和 FSX0 相连接,\CS 为片选引脚,\LDAC 为 DAC 载入引脚,分别与单片机的 GPIO1 和 GPIO2 连接,通过设置 GPIO 引脚电平选择 DAC 工作状态。通过软件设置即可输出四路相位幅度可调节的波形模拟电压量。

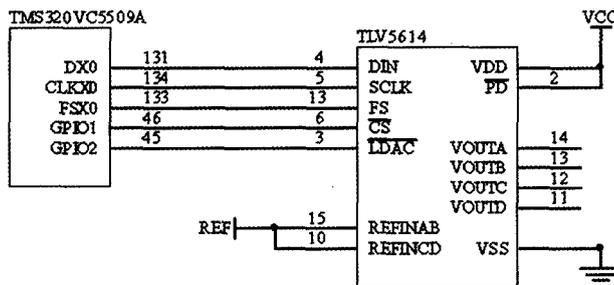


图 6 D/A 转换电路

经 D/A 输出的模拟电压量再通过低通滤波和电路放大两个环节,即可输出各种频率、幅度、相位可调节的波形,完成任意波形输出功能。

3 软件设计

任意波形发生器的软件设计采用 C 语言与汇编语言相结合的方式来实现的,其流程如图 7 所示,主要包括系统初始化、主程序、按键中断、显示、USB 通信等程序模块。

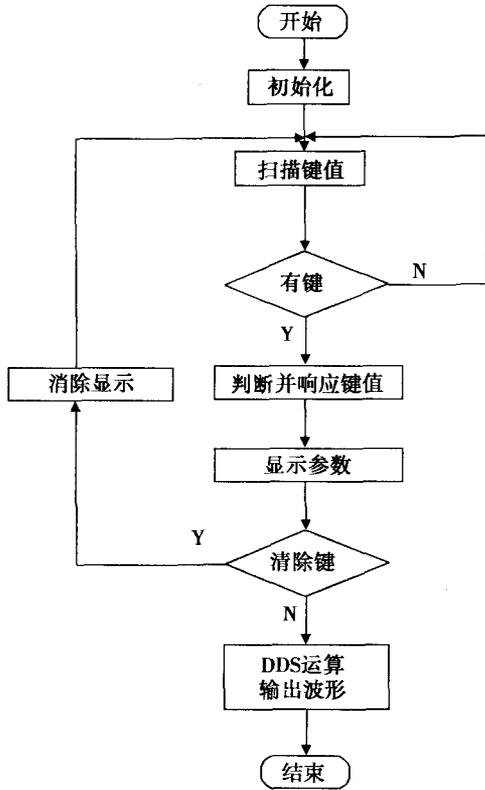


图 7 软件流程图

在对系统进行初始化之后,进行按键判断,如有键按下,响应按键进入中断程序,根据按键要求在液晶模块上显示响应的参数

信息,TMS320VC5509A 根据输入的参数信息,采用 DDS 算法生成所需波形的离散数据信息,离散波形数据信息通过 D/A 转换器、低通滤波器和放大电路,实现各种波形的输出。

4 结论

本文根据 DDS 技术的工作原理,采用 TMS320VC5509A 设计了一种新型任意波形发生器硬件器,该设计具有电路结构简单、体积小、成本低、产生波形频率稳定、可方便的产生任意波形等优点,此外该设计还具有具有良好的可扩展性,可以通过改变系统参数设置及控制软件作为其他用途。在设计中应注意 PCB 板的布线方式,以提高系统的抗干扰能力,降低输出信号的杂散。

参考文献:

[1] 毕红军. 基于 DDS 技术的任意波形发生器的研究[D]. 西安电子科技大学 2003 年硕士学位论文.
 [2] 魏鲁原 崔霞. 基于 PUIUSB12 的 USB 控制器的设计[J]. 电子技术,2007,7,8,p111-113.
 [3] 刘树中 孙书鹰等. 单片机和液晶显示驱动器串行接口的实现[J]. 单片机开发与应用. 2007.1-2,p137-139.
 [4] TEXAS INSTRUMENTS. TLV5614 datasheet,1998. www.ti.com/broadband.
 [5] TEXAS INSTRUMENTS. TMS320VC5509A Fixed-Point Digital Signal Processor[M]. www.ti.com/broadband.

[作者简介] 石云,女,辽宁人,海军航空工程学院青岛分院教员。腾曰,男,青岛人,海军航空工程学院青岛分院教员;张瑞丽,女,内蒙古人,海军航空工程学院青岛分院教员。

(收稿日期:2008-02-02)

(上接第 76 页)

参考文献:

[1] 范明,孟小峰. 数据挖掘概念与技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003,152-157.
 [2] 徐洁磐. 数据仓库与决策支持系统[M]. 北京:科学出版社,2005,70-110.
 [3] U M Fayyad, G Piatetsky - Shapiro, P Smyth. Knowledge discovery and data mining: towards a unifying framework

[A]. In Proc. 2nd Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining [C]. Menlo Park, 1996.

[4] Richard J. Roiger, Michael W. Geatz. DATA MINING; A TUTORIAL-BASED PRIMER[M]. 北京:清华大学出版社,2002,78-100.
 [5] 王复生. 现代水泥生产基本知识[M]. 北京:中国建材工业出版社,2004,44-99.

[作者简介] 刘照莲(1983~),女,山东菏泽人,硕士生;曲守宁(1965~),男,山东淄博人,教授,硕士生导师。

(收稿日期:2008-04-30)