

基于STM32单片机的函数信号发生器

张志成

(河西学院物理与机电工程学院 甘肃张掖, 734000)

摘 要: 函数信号发生器是教学、科研和工业上应用最广泛的仪器之一, 传统的函数信号发生器设计电路结构复杂、成本较高。本文所设计的函数信号发生器使用带有存储器和DAC通道的STM32单片机, 利用数字法实现了方波、三角波和正弦波信号的产生, 该设计最大的特点是在输出信号失真很小的情况下, 实现了低成本、低功耗的设计。

关键词: 函数信号发生器; STM32单片机; DAC; DMA

Abstract: Function signal generator is one of the most widely used instruments in teaching, scientific research and industrial. The traditional function signal generator has the characteristics of complicated circuit structure and high cost. Function signal generator is designed in this paper using STM32 MCU with memory and DAC channels, using the method of digital implementation of square wave, triangle wave and sine wave signal, the biggest characteristic of the design is under the condition which the output signal distortion is small, achieve the design of low cost, low power consumption.

Key words: Function signal generator; STM32 microcontroller; DAC; DMA

中图分类号: TP368.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-9227 (2014) 02-0070-03

0 引言

能够产生多种波形, 如三角波、锯齿波、矩形波(含方波)、正弦波的电路被称为函数信号发生器, 函数信号发生器又称信号源或振荡器, 在科技领域和生产实践中都有着广泛的应用。函数信号发生器可用模拟法形成, 也可用数字法形成。采用模拟法设计的函数信号发生器需要利用相应的集成电路(外加控制频率的电阻、电容等电子元器件)来实现, 这种方法对元器件的性能要求比较高, 由于绝大部分电子元器件都会受到温度的影响, 所以, 用模拟法设计的信号发生器频率和幅度的稳定性都不太好。用数字法设计的函数信号发生器则可以克服这一缺点, 数字法设计函数信号主要是将许多离散的点连接起来, 形成我们所需要的模拟波形, 首先将待产生的函数波形的离散值存储到存储器中, 然后依次逐点读取存储器中存储的数值, 通过DAC转换输出, 这样就可以产生相对应的波形。使用数字法设计的信号发生器频率的稳定度只与系统时钟频率的稳定度有关, 系统时钟频率一般使用石英晶振器产生, 而石英晶振器的振荡频率非常稳定, 这样就保证了数字法所设计函数信号发生器的频率的稳定度。本文所设计的函数信号发生器硬件部分主要选用目前比较流行、性价比比较高的STM32系列单片机STM32F103ZET6, 然后通过软件设计来实现各种波形的输出。

1 硬件部分

本文所设计的函数信号发生器硬件部分主要选用STM32F103ZET6单片机, 该款单片机具有非常强大的功能, 只需外加按键输入设备(用以改变输出信号的频率和幅值), 然后通过软件控制就可以实现信号发生器的设计。本设计的硬件电路图如图1所示。

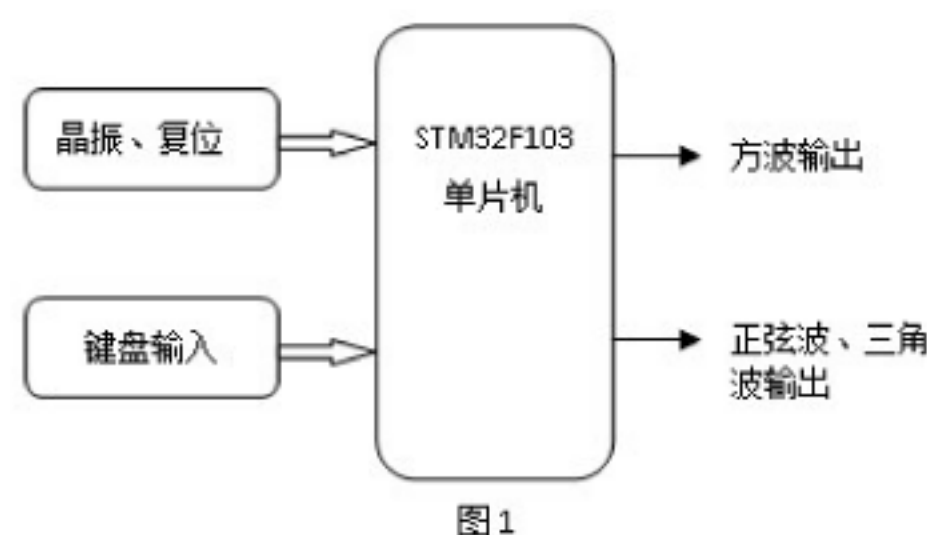


图1

STM32F103ZET6单片机是ST公司推出的一款32位高性能、低功耗、低成本的增强型系列单片机, 它的内核采用的是ARM公司研发的32位Cortex-M3架构CPU, 该内核的出现满足了普通用户对高性能、低功耗和低成本的要求, 该内核系统时钟频率最高可达72MHz, 能够实现单周期硬件乘法和除法, 内置高速存储器(高达128K字节的闪存和20K字节的SRAM), 带有丰富的增强I/O端口和联接到两条APB总线的外设。

STM32F103ZET6单片机还具有64KB SRAM、512KB FLASH、2个基本定时器、4个通用定时器、2个高级定时器、2个DMA控制器(共12个通道)、3个SPI、2个IIC、5个串口、1个USB、1个CAN、3个12位ADC、1个12位DAC、1个SDIO接口、1个FSMC接口以及112个通用IO口。该单片机可以工作于-40°C至+105°C的温度范围, 供电电压的范围可以从2.0V到3.6V。应用该单片机, 将会提高整个系统的执行效率, 增强系统稳定性, 降低功耗和生产成本。

STM32F103ZET6的DAC模块(数字/模拟转换模块)是12位数字输入、电压输出型的DAC。DAC可以配置为8位或12位模式, 也可以与DMA控制器配合使用。DAC工作在12位模式时, 数据可以设置成左对齐或右对齐。DAC模块有2个输出通道, 每个通道都有单独的转换器。在双DAC模式下, 2个通

道可以独立地进行转换,也可以同时进行转换并同步地更新2个通道的输出。DAC可以通过引脚输入参考电压VREF+以获得更精确的转换结果。

DMA全称为: Direct Memory Access,即直接存储器访问。DMA传输方式无需CPU直接控制传输,也没有中断处理方式那样保留现场和恢复现场的过程,通过硬件为RAM与I/O设备开辟一条直接传送数据的通路,能使CPU的效率大为提高。该单片机有2个DMA控制器(DMA2仅存在大容量产品中),DMA1有7个通道,DMA2有5个通道。每个通道专门用来管理来自于一个或多个外设对存储器访问的请求。还有一个仲裁起来协调各个DMA请求的优先权。

2 软件部分

本文所设计的函数信号发生器硬件部分非常简单,其功能主要是靠软件控制来实现的,在此只介绍方波信号、正弦波信号和三角波信号的产生,正弦波信号和三角波信号的产生是利用前面所提到的数字法(即通过DAC变换)来实现的,由于用到了DAC变换,因此所产生的正弦波和三角波信号的频率受到了DAC转化速率的限制,STM32F103ZET6中DAC模块的最大转化时间为1 μ m,如果一个周期的波形用20点来描绘的话,最终所实现的函数信号发生器的频率理论上最大可以达到50KHz,为了使得输出方波的频率范围更大,在此方波信号的产生不采用这种方法。

2.1 方波信号的产生

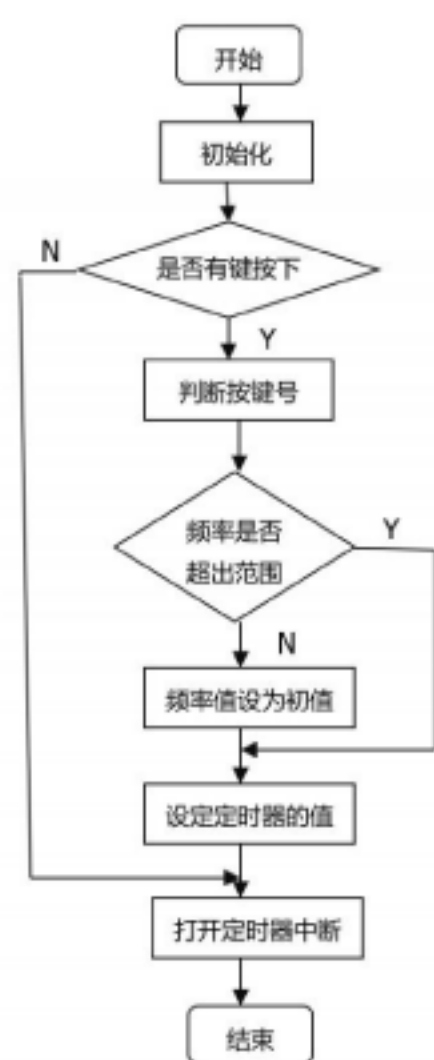


图 2

方波信号产生的软件流程图如图2所示,首先对系统时钟、中断优先级分组、输出端口、定时器进行初始化配置,其中定时器的初始化配置如下:

```

TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseStructure;
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM3,
ENABLE);
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period=arr;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler=psc;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision=0;

```

```

TDTs=Tck_tim
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode=TIM_CounterMode_Up;
TIM_TimeBaseInit(TIM3, &TIM_TimeBaseStructure);
TIM_ITConfig(TIM3,TIM_IT_Update,ENABLE);
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel=TIM3_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority=0;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority=3;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd=ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
TIM_Cmd(TIM3, ENABLE);

```

程序执行时首先判断频率加减键是否按下,如果按下,则改变arr和psc, arr和psc的范围均为0到65535,同时改变这两个值才能实现较宽的频率范围。

用定时器中断能够实现方波的产生,也能够输出占空比可调的各种矩形波,在此只介绍了方波的产生,至于占空比可调的矩形波的产生,我们可以利用STM32单片机的PWM输出来实现。这种方法实现方波的最大缺点在于方波的幅值不可调,STM32单片机的端口输出高电平一般为3.3V,低电平为0V,所以只能实现幅值为3.3V的方波。

2.2 正弦波(三角波)信号的产生

正弦波信号产生基本思想是利用前面提到的数字法来实现的,在硬件设计中选择了带有存储器和DAC模块的STM32F103ZET6单片机作为主控芯片,设计中利用该单片机的DMA功能,将存储器中的数据直接传输到DAC的数据寄存器中,再通过DAC转化输出。首先将正弦波信号的离散值存储在存储器中,利用高级定时器TIM8来设置DMA传输数据的时间,每经过一段时间传送一个数据,在此DAC的转化时间一定要大于TIM8所设定的时间,以保证每次DAC转换完成以后再送新的数据。

正弦波信号的离散值可以通过计算直接得到,定义一个数组SINDAC[]来存储得到的数值。

$$SINDAC[i] = 2048 \times \sin((PI \times i)/25)$$

利用上面的公式可以在正弦波的一个周期能取得50个离散的值,i的取值为0到49。

利用DAC转化输出正弦波信号时,首先要初始化输出端口、DMA、TIM8及DAC通道,其中DMA和TIM8初始化程序如下:

```

TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period=arr;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler=psc;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision=0x0;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode=TIM_CounterMode_Up;
TIM_TimeBaseInit(TIM8,&TIM_TimeBaseStructure);
TIM_SelectOutputTrigger(TIM8,TIM_TRGOSource_Update);
DMA_DeInit(DMA2_Channel4);
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralBaseAddr=0x40007420;
DMA_InitStructure.DMA_MemoryBaseAddr=(u32)&SIN-

```

(下转第74页)



图5 监控显示软件主界面

油源状态监控显示界面全面显示2.4m风洞5套油源泵的运行状态及实时压力信息,以及各套油源的油箱液位及油温等状态。当油源启动后,程序将实时监控油温、液位及压力波动情况,并依据各套油源实际使用情况快速做出状态判定。洞体阀门监控显示界面详细显示气密封系统、驻室大小门、阀门系统以及电源系统的实时状态及参数信息。试验曲线显示界面主要用于试验吹风时实时显示马赫数、总压、静压、速压、攻角等流场及模型状态参数变化曲线,并支持曲线的平移、放大等操作,便于用户直观了解试验进程及模型姿态控制系统工作状态。该界面可由主界面通过点击“试验曲线”按钮弹出,也可在试验开始时由程序主界面自动触发显示、试验结束后自动退出。同时该界面还提供了车次号、气源压降、吹风耗时等当前

试验信息的显示。

4 结束语

2.4m风洞安全联锁系统关系到风洞运行的可靠性和有效性,对于提高2.4m风洞试验质量效益具有重大意义。新研制的安全联锁系统具有可靠性高、监控信息全面直观、可及时预报设备故障等优点,极大地丰富了设备状态监控信息量,方便了风洞岗位人员快速、全面地掌握设备状态信息,彻底解决了长期以来各种设备运行状态监控信息缺失、异常等问题,极大地提高了风洞运行的安全性、可靠性水平。

参考文献

- [1] 陈树学,刘萱.LabVIEW宝典[M].电子工业出版社,2012.
- [2] 雷振山等.LabVIEW高级编程与虚拟仪器工程应用[M].中国铁道出版社,2009.
- [3] 杨正才,张永庆,邓召文.基于LabVIEW的汽车发动机测试系统[J].仪表技术及传感器,2012,(1).
- [4] 陈一鸣.基于LabVIEW的疲劳试验机同轴度检测仪设计[J].自动化与仪器仪表,2012,(01).
- [5] 朱莲.一种基于OPC技术的风电主控系统数据记录软件的开发与实现[J].自动化与仪器仪表,2012,(05).
- [6] 郁文山,饶正周,杜宁,师建元.2.4米风洞双自由度模型支撑机构电液伺服系统研制[J].液压与气动,2012,(12).

(上接第71页)

DAC;

```
DMA_InitStructure.DMA_DIR=DMA_DIR_PeripheralDST;
DMA_InitStructure.DMA_BufferSize=50;
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralInc=DMA_PeripheralInc_Disable;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_MemoryInc=DMA_MemoryInc_Enable;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_PeripheralDataSize=DMA_PeripheralDataSize_Word;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_MemoryDataSize=DMA_MemoryDataSize_Word;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_Mode=DMA_Mode_Circular;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_Priority=DMA_Priority_High;
```

```
DMA_InitStructure.DMA_M2M=DMA_M2M_Disable;
```

```
DMA_Init(DMA2_Channel4,&DMA_InitStructure);
```

设计中同样也设置了频率加减键来改变arr和psc的值,进而就可以改变输出信号的频率。

三角波信号的产生只需要在正弦波信号产生程序中改变存储器中所存储的离散值,就可以实现三角波信号的输出。正弦波信号和三角波信号的幅值可以通过软件确定,也可以通过硬件确定,在此选择了用硬件来设置输出信号的幅值,只需在

DAC引脚输入参考电压VREF+值来改变输出信号的幅值。

3 结论

本文所设计的函数信号发生器实现了正弦波信号、三角波信号、方波信号的产生,其中输出方波信号的频率最大可以达到5MHz,而三角波和正弦波信号的最大输出频率为25KHz。该设计最大的优点是成本低、功耗小,同时由于STM32单片机较高的工作频率、DAC通道较高的分辨率,使得实际输出的信号几乎不失真。

参考文献

- [1] 王俊,汪勇军,施联玉.基于分布存储式数字法函数信号发生器[J].电子测量与仪器学报,2005(01).
- [2] 李庭贵.基于DAC0832和AT89S52的信号发生器设计[J].电子科技,2012(6).
- [3] 姜平,周根荣,李俊红.基于AD9833的多通道信号发生器设计[J].仪表技术与传感器,2006(12).
- [4] 田蛟,展文豪,张宏伟.基于单片机的信号发生器设计[J].信息技术,2011(5).
- [5] 马忠梅,籍顺心.单片机的C语言程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [6] STM32F101xx and STM32F103xx advanced ARM-based 32-bit MCUs Reference manual,STMicroelectronics,2008.