

文章编号: 2095-2163(2020)09-0190-04

中图分类号: TP337

文献标志码: A

融合 MSP430 的便携式信号发生器设计与实现

杨小青

(山西建筑职业技术学院 计算机工程系, 山西 晋中 030619)

摘要: 本文设计了以 MSP430 FG4618 单片机为核心的多功能信号发生器。硬件设计基于直接数字式频率合成原理,着重考虑了通过 AD669 产生信号的精确性和稳定性;软件设计主要说明了以键盘为中心的键操作结构,采用模块化设计实现对电路的控制,最后对频率误差进行了分析和说明。计量测试中心校准结果表明,本信号发生器适用于准确度 0.25% 以内、频率范围在 1~50 kHz,并可根据实际应用情况选择电池或外电源供电,精度高,体积小,便于随身携带现场及野外作业应用。
关键词: 直接数字式频率合成;模块化;AD669

Design of portable multi function signal generator

YANG Xiaoqing

(Department of Computer Engineering, Shanxi Architectural College, Jinzhong Shanxi 030619, China)

[Abstract] This paper designs a multi function signal generator based on the MSP430FG4618 single chip microcomputer, and introduces the design of hardware and software. The design of hardware based on DDS, which focuses on produce accurate and stable signals by AD669. The software design mainly describes the structure of the key operation based on the control of keyboard and achieves the control to the circuit by modular design. Finally, the frequency error is analyzed and illustrated. CIMM calibration results show that signal generator accuracy up to 0.2% and the frequency range of 1 ~ 50 kHz which proves that the system can realize high accuracy signal output, and used in the field conditions.

[Key words] direct digital frequency synthesis; modular; AD669

0 引言

信号发生器用来对火炮膛压测试仪器的电路模块校准,以确定其电荷灵敏度的装置。因此,要求信号发生器能产生精准、稳定的波形。目前,市场上已有精度比较高的电荷校准仪,但其价格高昂,且不方便技术人员在野外条件下用来快速检定和校准武器装备测控中的电路系统^[1]。

针对上述问题,本文设计了基于直接数字式频率合成技术,以 MSP430 单片机为核心的便携式信号发生器,研究其软硬件的设计,实现多功能信号的产生,并分析了对仪器所产生误差,通过检测验证了信号发生器的有效性和使用价值。

1 系统总体设计方案

便携式多功能信号发生器的主要组成部分:电源管理器、波形生成与控制模块、按键输入端、DAC 转换器和滤波器。该信号发生器根据技术人员的要求,通过按键选择所需信号的类型、频率和幅值等参数,经单片机调取内部生成波形程序转存到 flash 存储器中。当波形输出时,单片机不断递推存储有波形数据的 flash,当地址计数器到最高位时,再通过复位后继续递推,波形数据通过 DAC 和低通滤波器

不断产生所需信号,可以选择信号是否通过高精度电容,来获得电压或电荷信号,如图 1 所示。

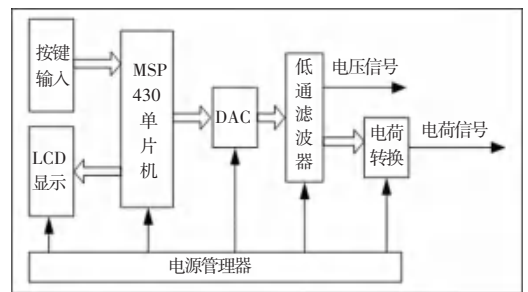


图 1 信号发生器的原理框图

Fig. 1 Schematic diagram of a signal generator

1.1 直接数字式频率合成原理

直接数字式频率合成技术是采用直接数字合成的方法产生信号,为每种波形分配 16 K 的存储空间,数模转换芯片采用的是 16 bit 并行输入数据,设定每个波形在一个周期内的采样点数为 8 192 个。将波形数据存储于 flash 内存中,用设定的时钟频率 f_{osc} 扫描存储波形的地址,从波形第一个地址开始,直至这个波形的最后一个地址结束,再重新赋予该波形首地址,数据一次通过 DAC 输出连续的周期型号。合成的波形频率为: $f_{out} = f_{osc} / 8\ 192$, 通过改变

作者简介: 杨小青(1990-),女,硕士,助教,主要研究方向:计算机应用技术。

收稿日期: 2020-06-05

地址计数器时钟频率,即可得到合成的波形频率^[2]。

1.2 幅值的合成原理

发射器设计产生的电压范围是-10 V~+10 V,设定0X0000H对应输出电压值-10 V,输入数字0XFFFFH对应输出电压+10 V。因此,幅值调节的细度是 $20/2^{16}$ V,即采样的精度为0.003%。以正弦波为例,其表达式(1)为:

$$f(i) = Amp \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{n} \cdot i\right) + Base(i = 0, 1, 2 \dots n). \quad (1)$$

式中: *Amp* 表示输出波形幅值; *Base* 表示输出波形基线; *n* 表示波形在一个周期内的采样点。

2 硬件电路设计

2.1 硬件设备

硬件设备包括: MSP430 FG4619 单片机; AD公司生产的AD669为16bit数模转换芯片; LM7818CT稳压芯片; 按键和LCD显示器; 低通滤波器; 高精度电容。

2.2 电源电路的设计

该设计电源为锂电池组, LM7818CT稳压芯片为内部器件提供稳定的电压。为确保输出高精度的信号,在接入稳压芯片前采用LC滤波; 为避免电压

波动给后续电路带来噪声,在出口并联上0.1 μF和10 μF的电容; 为避免短路而导致电路的损坏,在电源接口的前端连上恢复性保险丝,其最大通过电流为250 mA^[3], 电源电路如图2所示。

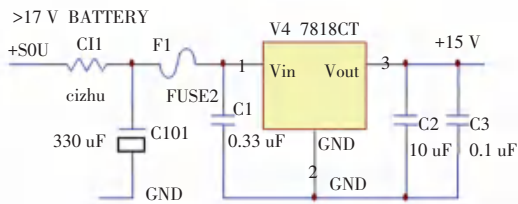


图2 电源电路的设计图

Fig. 2 Schematic diagram of the power circuit

2.3 波形生成电路的设计

设计中采用双极性配置实现-10 V~+10 V的电压输出, AD669采用16 bit并行数据输入, 通过调节、直到最大输出电压幅值与基准电压DAF1相等。当波形数据从flash中递推时, 通过改变AD669的基准电压实现波形幅值的改变。DAF0和DAJ0分别与单片机的P6.6和P6.7连接, 分别对应单片机内部的12位DAC, 实现模拟电压的输出, 再通过运算放大4倍, 即可得到0~10 V的基准电压源DAF1, 实现不同幅值的波形输出^[4]。波形发生电路如图3所示。

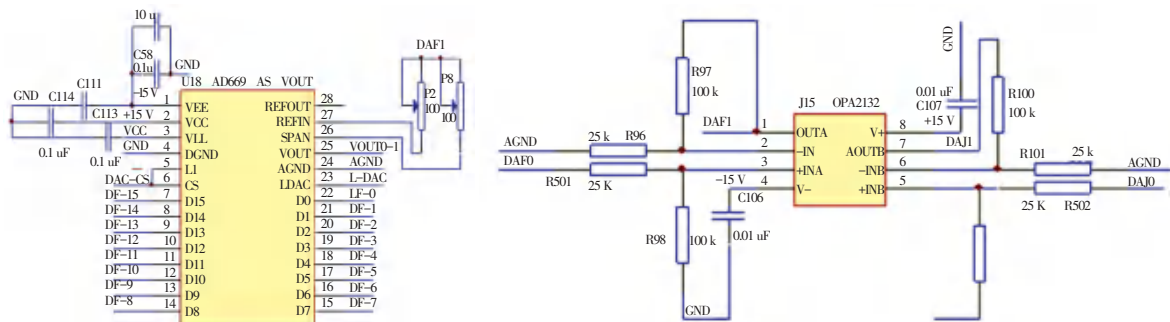


图3 波形幅值发生电路

Fig. 3 Waveform amplitude generating circuit

2.4 人机交互设计

人机交互设计以键盘为中心操作结构, 共设计了6个键: 电压/电荷功能选择键、菜单键、增加键、减小键、方向键、输出键。键盘分别对应有关中断功能的相应端口。无按键操作时, 端口电平为低, 系统处于波形输出或等待状态。当端口的一个上升沿产生时, 通过设计消抖程序来判断是否是抖动, 判断非抖动时系统执行相关操作。按键的输入电路如图4所

示。

3 系统的软件设计

3.1 系统的总体设计流程

基于MSP430单片机的控制实现信号发生器的功能, 系统软件的开发采用C语言完成, 通过IAR系统嵌入式Workbench及其调试器C-SPY为工作平台来调试各个程序模块的功能。系统整体设计思想如图5所示。开机后, 系统的初始化包括引脚的

初始化,信号输出的波形、频率、幅值基线的初始化,而后系统处于等待状态;当检测到中断时,判断中断源是否来自输出按钮,若是则以初始化的量值输出

信号,当检测到按键产生修改输出波形参数的中断时,系统将会根据修改后的参数,重新调整内部控制变量输出波形^[5]。

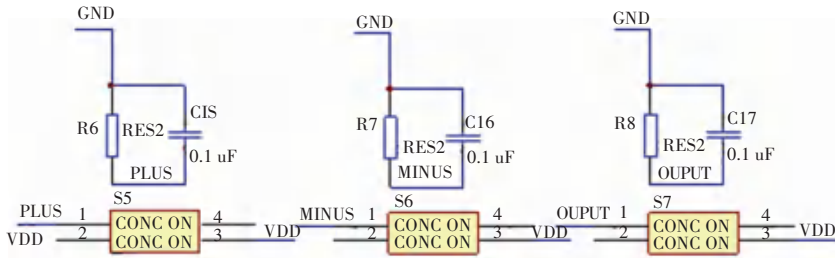


图4 按键输入电路

Fig. 4 Key input circuit

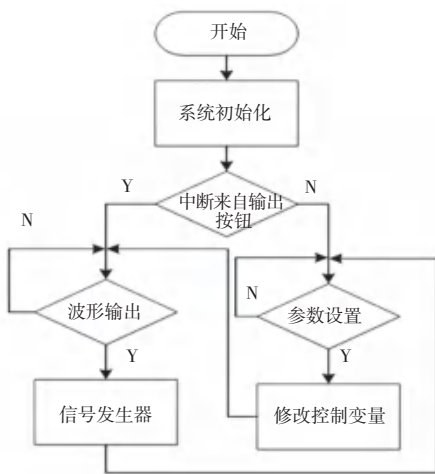


图5 系统总体设计图

Fig. 5 General design of system

3.2 波形生成模块的设计流程

MSP430 单片机不仅具有强大的处理功能和超低功耗,还支持 C 语言的编程。设计中选择标准函数来生成波形数据,当函数表达式选定后,就可以生成相应的波形数据,用“1”或“0”数字状态来定义波形^[6]。本设计输出 6 种信号:正弦波、半正弦波、三

角波、锯齿波、方波、脉冲信号。首先擦除 flash,每种波形分配 16K 存储空间,设计的采样点数为 $n = 8192$,选择好波形后,每个采样点对应的波形数据占用 2 个地址空间。根据需要的输出波形频率,计算出系统的地址递推频率 f_{ocs} ,从起始地址一直到结束地址,不断递推,直到命令的更改。波形生成模块的设计流程如图 6 所示。

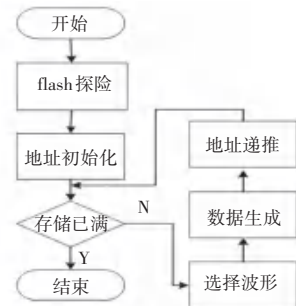


图6 波形生成模块流程图

Fig. 6 Flow chart of waveform generation module

4 系统性能的测试及误差分析

采用 KEITHLEY2000, 6 位半数字万能表检测波形幅值,以正弦波为例,结果数据见表 1。

表 1 正弦波幅值检测值

Tab. 1 Detection values of sine wave amplitude

标称值/mv	有效值 1	有效值 2	有效值 3	有效均值	均值幅值	相对误差/%
1	0.708	0.709	0.710	0.709	1.003	0.300
5	3.530	3.557	3.536	3.541	5.001	0.020
9	6.356	6.380	6.348	6.361	8.994	0.056
10	7.108	7.086	7.100	7.098	10.038	0.380
50	35.367	35.357	35.350	35.358	49.996	0.010
90	63.651	63.634	63.627	63.637	89.996	0.010
100	71.101	70.700	71.030	70.943	100.310	0.310
500	353.970	354.140	352.660	353.590	500.060	0.010
900	636.940	637.460	634.060	636.150	899.650	0.040
1 000	710.630	708.220	710.360	709.740	1 003.720	0.372
5 000	3 540.600	3 531.400	3 537.700	3 536.570	5 001.470	0.029
9 000	6 381.200	6 369.000	6 357.800	6 369.330	9 006.240	0.069