

基于 PSOC 超声测距系统设计

张水英, 姚金慧

(浙江理工大学信息学院, 杭州 310018)

摘要: 采用赛普拉斯 PSOC(可编程片上系统)中的 CY8C3866AXI-040 作为微控制器设计了超声波测距系统。首先介绍超声波测距原理;然后阐述基于 CY8C3866AXI-040 超声测距系统的硬件设计,着重介绍电源模块、超声波模块、温度补偿模块和显示模块的设计;接着介绍超声波测距系统的软件设计;最后进行测距实验并对实验结果加以分析。实验结果表明,在 2.5~500 cm 的测量范围内,测距的相对误差均在 0.2% 以内,测量精度较高。

关键词: PSOC; 超声波; 测距; 微控制器

中图分类号: TP271.1 **文献标志码:** A

0 引言

超声波检测技术是一种典型的非接触检测方式。随着超声波测距理论的成熟以及多样化方案的产生,超声波测距可以通过采用不同的方案来满足不同的测距要求,主要有采用 AT89C51 单片机^[1]、AT89C52 单片机^[2-5]、STM32P103C8 芯片^[6]、MAXQ7667 单片机^[7]、C8051F320 微控制器^[8]、STC12C5206AD 单片机^[9]等方案。本文采用赛普拉斯可编程片上系统(PSOC)中的 CY8C3866AXI-040 作为主控芯片来设计与实现超声波测距系统。PSOC(programmable system on chip)作为一款新的嵌入式系统设计平台,它在原 8051 核和 ARM Cortex-M3 核的基础上,还提供可编程的数字和模拟阵列,既具有 8 位微控制器的处理能力,又具有组成多种可编程数字或模拟用户模块的能力^[10]。CY8C3866AXI-040 是这 2 种技术的结合体,用户利用 Cypress 提供的 PSoC Designer 开发环境,可以十分方便地配置^[11] ADC、PWM、CMP、PGA、UART、CSD 等数十种常用的功能模块,这些模块可以片内相连,甚至可以分时复用,实现动态重构。与传统的 MCU 相比,具有更强的灵活性和更高的性价比^[12]。

1 超声波测距原理

超声波测距一般有三种方法:相位法、声波幅值

法和渡越时间法。其中渡越时间法实现简单、成本较低,同时可测距离范围较大。因此本文选用渡越时间法。渡越时间法的原理为:检测出声波从发射器开始经介质传播到被测物、经被测物反射回到接收器所经历的时间,这段时间称为渡越时间,与经过的路程成正比。测距原理图如图 1 所示。

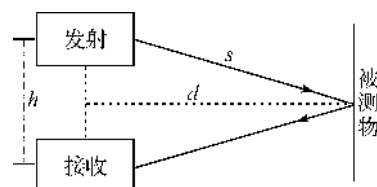


图 1 渡越时间法测距原理

由图 1 可得超声波传感器与被测物体之间的距离为:

$$d = \sqrt{s^2 - \left(\frac{h}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{ct}{2}\right)^2 - \left(\frac{h}{2}\right)^2} \quad (1)$$

其中 c 为超声波传播速度。在实际超声波测距模块中 $h \approx 0$, 因此,

$$d \approx s = \frac{ct}{2} \quad (2)$$

2 超声波测距系统硬件设计

基于 CY8C3866AXI-040 超声波测距系统,利用 CY8C3866AXI-040 作为控制核心,给超声波模块提供触发信号,并且检测回波信号。在触发信号

发出后启动计时器,在检测到回波信号后停止计时器,通过计时器获得超声波在空气中传播所需渡越时间,再根据渡越时间计算出距离,并通过显示模块显示所测距离值。由于超声波在空气中传输时的速度受温度的影响较大,为了提高系统检测精度,本系统对环境温度进行实时测量,并通过温度补偿电路进行补偿,系统框图如图2所示。

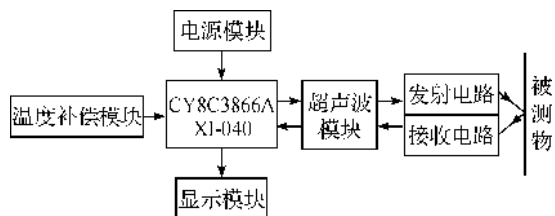


图2 基于 CY8C3866AXI-040 超声波测距系统

2.1 电源模块

为便于手持测量,本系统采用 3 V 干电池供电。但系统的主控芯片 CY8C3866AXI-040 需要 5 V 电压,因此,需要一个升压电路将 3 V 电压升为 5 V,升压电路使用 MC34063 调压芯片,电路如图3所示。

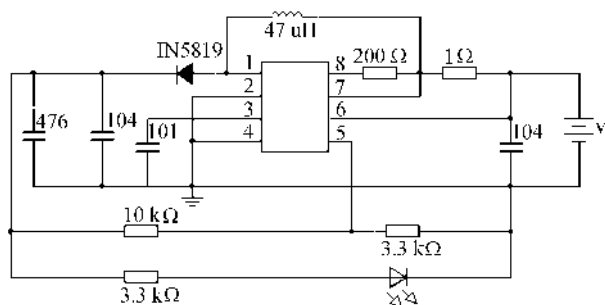


图3 3 V 转 5 V 升压电路

当 MC34063 芯片内开关管导通时,电源经取样电阻 1R、电感、MC34063 的 1 脚和 2 脚接地,此时电感开始存储能量,并由电容 476 对负载提供能量。当芯片内开关管断开时,电源和电感同时给负载和电容提供能量。电感在释放能量期间,由于其两端的电动势极性与电源极性相同,相当于两个电源串联,因而负载上得到的电压高于电源电压。只要开关管导通与关断的频率相对负载的时间常数足够高,负载上便可获得连续的直流电压^[13]。

2.2 超声波模块

根据精度、量程、盲区以及价格等方面考虑,本系统选择 HY-SRF05 超声波模块。主控芯片 CY8C3866AXI-040 通过端口 TRIG 提供一个脉冲信号触发该模块发出 8 个 40 kHz 脉冲,发送完毕置回响信号为高电平并检测回波,一旦检测到有回波信号则复位回响信号,回响信号脉冲宽度与所测距离成正比,因此可通过该脉冲宽度来计算距离,其时序图如图4所示。

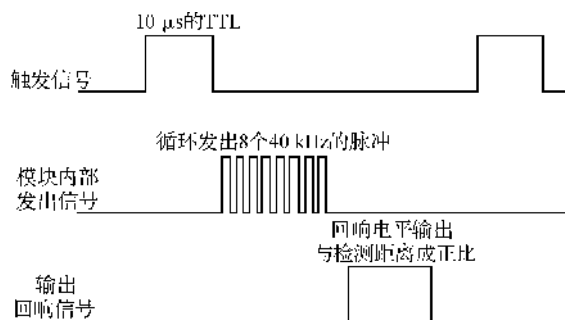


图4 HY-SRF05 超声波模块时序

CY8C3866AXI-040 对超声波模块的控制电路如图5所示。

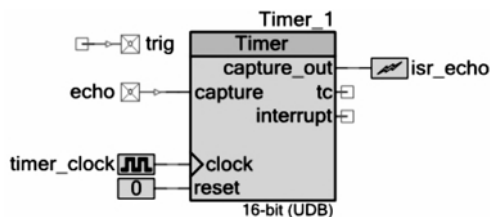


图5 超声波模块控制电路

图5中 trig 为普通数字输出端口,采用 Strong Drive 驱动模式,初始值为逻辑“0”。echo 为普通数字输入端口,采用 High Impedance Digital 驱动模式,初始值为逻辑“0”。电路中将 echo 端口与定时器的输入捕捉相连,定时器时钟设置为 1 kHz,定时器分辨率设置为 16Bit,周期为 65.536 ms,捕捉模式设置为上升沿和下降沿捕捉,运行模式设置为持续运行,中断源设为 capture_out。

2.3 温度补偿模块

常用的温度补偿方式有:热敏电阻、铂电阻、热电偶以及温度传感器补偿 4 种。若使用传统的温度传感器,硬件电路复杂,并且输出的为电压或电流值,需要进行 A/D 转换,将增加电路的复杂性。因此,本系统采用 DS18B20 数字温度传感器,其外围电路简单,仅 3 个对外引脚:地 (GND)、数据输入/输出 (DQ)、电源 (VCC)。

系统中, CY8C3866AXI-040 对 DS18B20 的控制电路如图6所示。

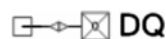


图6 温度补偿模块控制电路

由于 DS18B20 与 CY8C3866AXI-040 之间的通信是单总线串行通信,因此该 I/O 既需承担 DS18B20 到 CY8C3866AXI-040 的数据传输,又需承担 CY8C3866AXI-040 到 DS18B20 的数据传输,因此将该端口设置为双向数字端口,驱动模式设置为 Open Drain, Drives Low, 初始值设定为逻辑“0”。

2.4 显示模块

通过综合考虑体积大小、引脚多少、功耗高低以及能否显示中文字符等性能,本文选择 5110LCD 显示屏。LCD5110 除了 VCC、GND 以及背景亮度以外,另有 5 个信号需与控制器相连,分别为 Clk(串行时钟线)、Din(串行数据线)、DC(数据指令选择)、CE(片选端口)、Rst(复位端口)。CY8C3866AXI-040 对 LCD 显示屏控制电路如图 7 所示。



图 7 LCD5110 端口硬件配置

图 7 中 5 个端口均配置为数字输出,驱动模式设置为 Strong Drive,初始值设置为逻辑“0”。

3 超声波测距系统软件设计

配置好硬件连接后,可运行图 8 所示程序,即可获得所需距离。

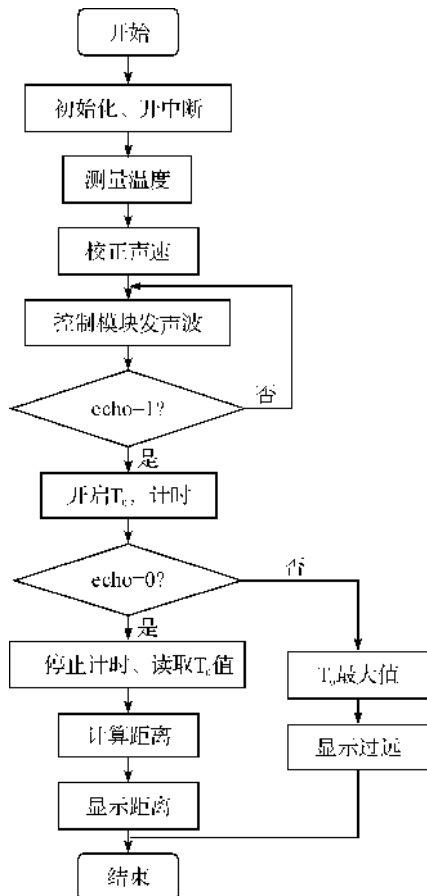


图 8 系统程序流程

在运行程序过程中,若无法测试 echo 的状态,则默认为距离过远,设置一个非常大的值,程序中设置为 1024。

4 测量分析与结果

在室温下,用本系统测量不同位置的声波挡板距离,每一位置连续测量 5 组数据,取平均值,所得结果如表 1 所示。

表 1 超声波测距的数据及相关误差

实际距离/cm	测量距离/cm	绝对误差/cm	相对误差/%
2.00	650.12	盲区	—
2.50	2.55	0.05	2.000
10.00	10.04	0.04	0.400
20.00	19.97	0.03	0.150
40.00	40.02	0.02	0.050
100.00	100.04	0.04	0.040
200.00	199.89	0.11	0.055
400.00	400.38	0.38	0.095
500.00	499.00	0.58	0.116

分析实验数据可知在 2.5~500 cm 的测量范围内,测距的相对误差均在 0.2% 以内,比文献[4]中的高精度微距超声波测距系统的 1% 精度要准确。

5 结论

本文论述了基于 CY8C3866AXI-040 可编程片上系统的超声波测距系统。在介绍其工作原理的基础上,着重论述该系统的硬件电路设计及软件设计,并对该系统进行了距离实测试验,试验结果表明:在 2.5~500 cm 范围内,其精度高于基于 AT89C52 单片机的高精度超声波测距系统,满足一般场合的较高精度要求。

参考文献:

- [1] 李录峰. 基于 T89C51 超声波测距控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2012, 34(2): 45-47.
- [2] 胡晓, 巴力登. 基于 AT89C52 的超声波测距系统设计[J]. 工业控制计算机, 2014, 27(2): 125-126.
- [3] 卢超. 基于无线收发的超声波液位测量仪[J]. 压电与声光, 2014, 36(1): 150-155.
- [4] 李翠花, 梁德民, 周晓美. 高精度的超声波测距系统的设计与实现[J]. 合肥学院学报: 2012, 22(1): 41-44.
- [5] Tomasz J, Licznarski, Jaroslaw J, et al. Ultrasonic system for accurate distance measurement in the air[J]. Original Research Article Ultrasonics, 2011, 51(8): 960-965.
- [6] 倪卫宁, 朱祖扬, 张卫, 等. 高精度微距超声波测距

- 系统[J]. 仪表技术与传感器, 2014(1): 75-76, 92.
- [7] 严伟诚, 王钦若, 彭 义, 等. 基于 MAXQ7667 的超声波测距系统应用研究[J]. 探索与观察, 2012(1): 34-36, 41.
- [8] 李云龙, 卜雄洙, 赵 文, 等. 新型嵌入式超声波测距系统[J]. 仪表技术与传感器, 2012(1): 97-99.
- [9] 郁亚男. 基于温度补偿功能的超声波测距系统设计[J]. 电子世界, 2014(3): 147-148.
- [10] 吴东艳, 韩喜春, 高旭东. PSOC 在高精度温度测量中的应用[J]. 黑龙江工程学院学报: 自然科学版, 2013, 27(2): 45-49.
- [11] 焦振宇. 赛普拉斯 PSoC 及其开发应用[J]. 微处理机, 2004, 25(5): 62-64.
- [12] 刘石磊, 李宝刚. Capsense 技术在液位检测中的应用[J]. 电子测量技术, 2013, 36(7): 67-70.
- [13] Janusz Z, Krzysztof G. Electrothermal compact macromodel of monolithic switching voltage regulator MC34063A[J]. Microelectronics Reliability, 2008, 48(10): 1703-1710.

Design of PSOC-based Ultrasonic Distance Measurement System

ZHANG Shui-ying, YAO Jin-hui

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University,
Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper uses CY8C3866AXI-040 in the Cypress PSOC (programmable system on chip) as the microcontroller to design ultrasonic distance measurement system. Firstly, this paper introduces the principle of ultrasonic distance measurement. Secondly, it explains the hardware design of ultrasonic distance measurement system based on CY8C3866AXI-040, such as the power supply module, ultrasonic module, temperature compensation module and display module. Then, the software design of ultrasonic distance measurement system is presented. Finally, the distance measurement experiment and experimental results are analyzed. The results show that within 2.5~500 cm measuring range, the relative error range is within 0.2%, the system has high measurement precision.

Key words: PSOC; ultrasonic; distance measurement; microcontroller

(责任编辑: 陈和榜)