

超声波液位测量仪

常凤筠

崔旭东

(鞍山科技大学 电子与信息学院, 鞍山 114002) (鞍山师范学院 计算中心, 鞍山 114001)

摘要:介绍利用单片机 W77E58 作为主控元件的超声波液位测量原理, 给出设计方法和系统框图。该液位测量仪具有温度补偿, 用标准反射杆作基准进行校正, 可提高测量精度, 且价格低廉, 可靠性高。

关键词:超声波检测; 液位测量仪; 温度补偿

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2006)01-0026-02

Ultrasonic Liquid Level Indicator

CHANG Feng-jun

(School of Electronic and Information Engineering, Anshan University of Science and Technology, Anshan 114002, China)

CUI Xu-dong

(Computer Center, Anshan Normal University, Anshan 114001, China)

Abstract: The theory of ultrasonic liquid level testing was introduced. The design and the frame of the system with temperature compensation and the standard reflect as the basis for calibration were detailed, in which MCU W77E58 was used as the main control component. The measuring results showed that the system was low in price and high in reliability.

Keywords: Ultrasonic testing; Liquid level indicator; Temperature compensation

超声波检测精度高, 价格低, 已被广泛用于无损检测。研制的超声波液位测量仪可应用在厂矿企业的水箱水位检测及控制, 也可用于制药和化工液槽的液位测量等。该仪器具有温度补偿, 用标准反射杆作基准进行校正, 可提高其测量精度。

1 测量原理

标准状态下超声波在水中的传播速度为 1 483 m/s, 因此只要测定超声波从发送到接收的传播时间就可算出其传播距离^[1]。

由于超声波的声速受温度、湿度和其它环境因素的影响, 为消除此影响, 设计了固定参比标准杆。所研制的液位测量仪的测量原理见图 1^[2]。由单片机输出一定频率电信号, 激励安装在水箱底部的超声波传感器, 发射出频率为 1 MHz 的超声波, 并在发射同时启动单片机内部定时器开始计时。超声波

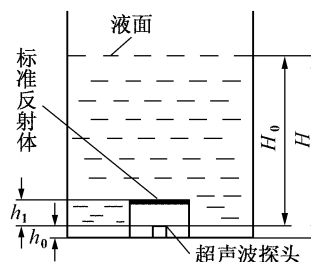


图1 水箱水位测试原理图

通过被测液体介质传播, 遇到标准杆处, 其中一部分产生第一次反射回波, 而其余部分继续在水中传播。反射回波到达探头, 使探头输出第一个电信号, 引起单片机第一次中断。而在水中继续传播的超声波到达水面时, 由于水面以上是空气, 在气液交界面产生第二次反射回波, 使探头输出另一个电信号, 引起单片机的第二次中断。在中断程序里, 分别读取定时器的计数值, 即探头接收到的标准杆和水面的反射回波传播时间 t_1 和 t_0 , 由此算出探头到液面的高度 H_0 和水深 H 为^[2]

$$H_0 = \frac{h_1 t_0}{t_1} \quad (1)$$

$$H = h_0 + H_0 \quad (2)$$

式中 h_1 ——探头到标准杆的距离

h_0 ——探头到水箱底部的高度

通过标准杆进行温度和湿度等补偿后,由式(2)可计算出水箱水位 H 与超声波的速度无关,提高了超声波测距精度。

1.1 系统硬件

超声波液位测量仪硬件构成见图 2。

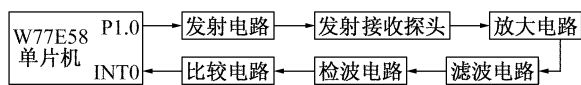


图2 超声波液位测量仪组成框图

W77E58 单片机是 Winbond 公司生产的高速单片机,与传统 8052 系列单片机相比,其机器周期仅包含四个时钟周期,执行指令速度是 8052 的 1.5~3 倍,晶体频率可达 40 MHz,有三个 16 位的定时器/计数器。用作定时器时,可对四个时钟周期计数,其定时时钟频率为 10 MHz,测量时间的分辨率为 0.1 μ s。而 AT89C52 的晶振频率为 24 MHz,它的定时频率为 2 MHz,测量的时间分辨率为 0.5 μ s。因此利用 W77E58 可提高测量时间的精度。它可以控制超声波发送电路发射超声波,记录超声波从发射到接收反射回波的时间,从而根据式(1)和(2)计算出探头到液面的高度。

1.2 超声波发送/接收电路

由单片机 W77E58 的 P1.0 管脚产生周期为 20 ms 的方波,当 P1.0 由低变高时,通过高速光耦 6N137 产生触发脉冲信号,加到发射板晶闸管的控制端上,使发射板上两个晶闸管导通,产生 -600 V 窄脉冲电信号,加到探头的压电晶片上,使其振荡,发出频率为 1 MHz 的超声波。超声波在水中遇标准杆产生第一次反射回波,在气液交界处产生第二次反射回波,两次回波作用在探头上使探头输出 50~100 mV 电信号,且伴随一定噪声,因此接收电路的主要功能是放大信号,抑制噪声,提高信噪比。在此超声波接收电路前两级放大器选用 OPA37,后一级选用 AD811,前两级之间外接 RC 电路组成高通滤波器,后两级之间外接选频电路,有效抑制噪声。反射的 50~100 mV 电信号经接收板接收、放大、倍压及检波后,在水深 980 mm 时,已达到 17.3 V,输出信噪比 15.78,比较理想。

P1.0 由低变高时开始发射,并立即启动定时器

T1 计时。接收到的两次电信号经接收电路进行三级放大、比较器比较(门槛电压设置是为了去掉噪声电压),光耦合开关电源送回单片机作为外中断 INT0 的触发信号,引起 CPU 两次中断。分别读取定时器的计数值,即为探头从发射到接收标准杆和水面的反射回波的传播时间。

1.3 发射回波和标准杆反射回波振荡的消除^[3]

当发射电路产生 -600 V 窄脉冲电信号加到探头,使其发射超声波,同时 -600 V 窄脉冲电信号经过限幅电路回送到接收电路,将有 60 μ s 的振荡,标准杆的反射回波也将有 60 μ s 的振荡。这些振荡必须消除,只用反射回波的第一个脉冲,方法是单片机发射超声波,立刻启动定时器计时,当计时时间 $T < 60 \mu$ s 时,回波信号的通道关闭,关闭中断接收电路,当 $T > 60 \mu$ s,采集回波信号的通道打开,打开中断接收电路,接收标准杆的中断;接收后,读取定时器计数值 t_0 ,采集回波信号的通道关闭,关中断,当 $T > 60 \mu$ s,采集回波信号的通道打开,打开中断接收电路,接收水面中断后,定时器停止计时,读取定时器计数值 t_1 。

2 精度分析及实验数据

精度是研制测量仪时的重要问题。系统中单片机的晶振频率为 40 MHz,经过四分频后,机器周期 $T = 0.1 \mu$ s。因此,该系统的最小时间分辨率为 0.1 μ s,所测液位的最小分辨率 L 为

$$L = T \cdot V = \frac{0.1 \mu\text{s} \times 1480 \text{ m/s}}{2} = 0.074 \text{ mm}$$

通常将水箱水位控制在 1.5~2 m,水位 < 1.5 m 时,打开进水阀门; > 2 m 时,关闭进水阀门。

3 结束语

该液位测量仪在硬件上进行了温度和湿度补偿,对反射信号进行了滤波、放大与检波处理,在软件上对采集数据求平均值,有利于测量精度的提高。仪器的液位测量范围与精度达 $(0 \sim 5000) \pm 3$ mm。

参考文献:

- [1] 克劳特克洛德 J,等著,李靖,等译. 超声检测技术. [M]. 广州:广东科技出版社,1984. 262—281.
- [2] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993. 50—400.
- [3] 北京市技术交流站. 超声波探伤原理及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1982. 50—180.