

基于单片机的高精度超声波液位检测系统

李春玲

(南昌陆军学院科文教研室 南昌 330103)

【摘要】介绍一种使用超声波进行液位检测的微机控制系统及其硬件组成及相应软件流程图。为使测量具有较高的精度，系统在测量方式上采用在容器底部放置超声波探头的回波检测法，使超声波在液体中来回传播以稳定超声波传播速度；在硬件上引入专用定时芯片8254，以提高传播时间的分辨率，同时8254的时标信号由具有较高稳定频率的多谐振荡电路产生；在软件算法上减少舍去误差。系统测量精度可准确到厘米。

关键词 超声波；单片机；液位检测；高精度

中图分类号 TP273 文献标识码 A

High Precise Measurement System of Supersonic-Wave Fluid-Surface-Height Based on Single-Chip-Microcomputer

LI Chun-ling

(Department of Science-Culture, Nanchang Military Academy Nanchang 330103)

Abstract This paper introduces a single-chip-microcomputer control system for supersonic-wave fluid-surface-height measurement and the hardware circuit and the software flow chart of the control system. In order to achieve high precision of measurement, the supersonic-wave sensor is set under the container to make supersonic-wave stable. And the integrated circuit 8254 is used in the system, its CLK is provided by an oscillation circuit of high frequency stability. The measurement result shows that the precision of the system reaches centimeter.

Key words supersonic-wave; single-chip-microcomputer; fluid-surface-height measurement; high precision

超声波是一种机械波，它频率高，能实现定向传播；在液体、固体中衰减很小，即穿透性强，碰到杂质或分界面有显著的反射。这些特性使超声波检测得到广泛使用。

超声波液位检测有脉冲回波法、共振法、频差法以及声衰减法等，其中应用较广的是脉冲回波法。其基本工作原理是：脉冲信号激励超声波发生器产生超声波，超声波通过介质传到两种不同介质的分界面，形成反射波，反射波再经介质传回超声波接收器，接收器将超声波信号转换成电信号，然后根据超声波从发射到接收所需的时间及超声波在介质中传播速度来计算出液位的高度。本文针对一些小型油料储运设备如油罐车液位的检测，设计了一种基于单片机的高精度超声波液位检测系统。

1 硬件设计

系统主要由超声波检测电路及以单片机为核心的信号控制处理电路组成。

超声波检测电路又包括超声波发射驱动电路与超声波接收电路。由于采用单脉冲信号触发探头起振，为保证最小测量值，单脉冲信号宽度约 $30\mu\text{s}$ ，为使信号具有一定的功率，超声波发射驱动电路将单片机形成的单脉冲触发信号幅度提升到 35V 左右。超声波接收电路的主要功能是将接收到的微弱回波信号放大并具有抗干扰能力，它主要由一个衰减器、两个放大器和一个射极跟随器构成^[1]。衰减器的作用是保护后续放大电路的正常工作和起到一定的抗干扰作用。两个放大器总的放大倍数大约可达 60dB 左右。信号控制处理电路如图1所示。

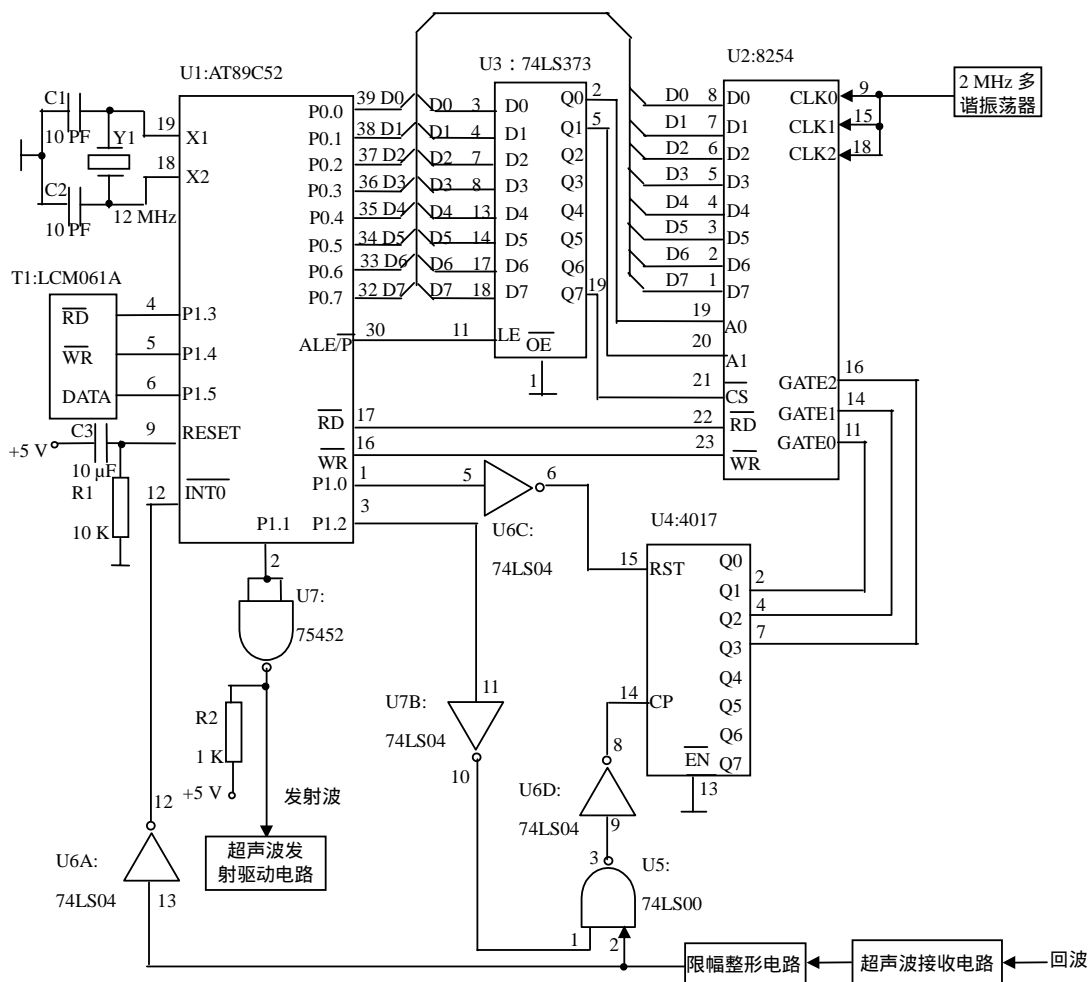


图1 信号控制处理电路

1.1 单片机电路

控制核心采用AT89C52单片机^[2],其内部自带8KE²PROM,P1.0用于复位4017,P1.1由编程实现每40 ms产生一宽度约为30 μ s的单脉冲发射波,发射波经超声波发射电路驱动探头发出超声波,探头放置在被测对象底部,超声波向上传播经液/气界面产生回波,回波经液/固(容器壁)界面再次向上传播,故超声波在液体中传播存在多次回波。回波经超声波接收电路处理后送入由LM319组成的限幅整形电路,形成单片机可以直接接收的信号。

片机由外部中断INT0引入回波,记录回波的个数,3个回波后由P1.2屏蔽其余回波信号。实际上由于装液体的容器存在一定的壁厚,第1个回波是在固/液界面产生的,若记录下来,测得的是壁厚而不是液位的高度,故在由P1.1发出单脉冲后,先由P1.2屏蔽掉第1个回波。为准确测量超声波来回传播一次所需时间,单片机通过地址锁存器74LS373扩展一专用的可编程定时/计数芯片8254来计时^[3],每次发送单脉冲发射波前,单片机根据收到回波的个数读取8254 3个定时/计数器的值,再进行数据处理,得到液位的高度,并可根据油罐的类型用查表的方法换算为油量的多少。单片机的P2.0~P2.3为系统所需4个按键的读入信号,P1.3~P1.5控制液晶显示器。

1.2 计时电路

计数器由GATE0~GATE2门控信号分别控制,GATE为高电平期间工作。

2 MHz的多谐振荡器为8254的基准时标,故8254最小时间分辨率为0.5 μ s,对应于超声波传播的距离约0.7 mm。CC4017是一个十进制计数/分频器,也称为环形计数器,引入CC4017是为了形成8254的GATE1门控信号,确保各次回波在液体来回传播的周期内GATE为高电平,故将回波引入单片机的INT0的同时引入4017

的CP端,工作波形如图2所示, Q_1 在发射波与一次回波间为高电平,将其连入8254的GATE0,故定时/计数器 T_0 对应发射波与一次回波间的传播时间;同理 T_1 对应回波1与回波2的时间; T_2 对于回波2与回波3的时间。理论上这3个时间相等。

1.3 显示电路

本系统采用LCM061A低功耗液晶显示器,它有6个LCD字符,显示液位高度以cm为单位,测标准试块得到的速度以m/s为单位,显示油量以升为单位,并用显示器上的三角符加以区分。该显示器最大的特点采用串行控制方式,共有10个引脚,简单使用只需单片机控制其3个引脚,故占用单片机的资源少。系统用单片机的P1.3形成LCM061A的读信号,P1.4形成LCM061A的写信号,P1.5形成串行输出命令与数据。

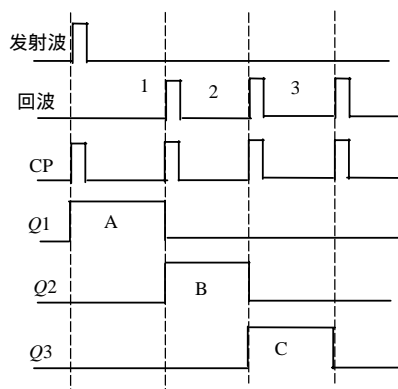


图2 4017工作波形图

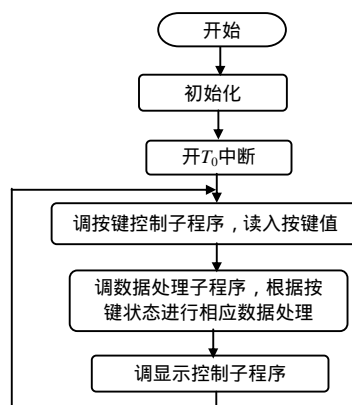


图3 主程序流程

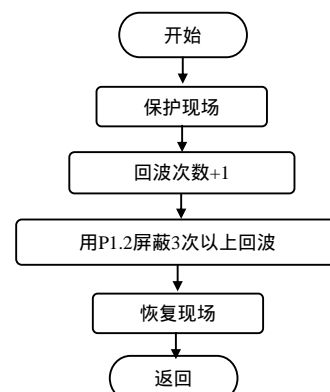


图4 外部INT0中断服务程序流程

2 软件设计

软件编程采用模块化设计,主程序主要完成相关硬件的初始化工作,并根据按键状态对数据进行运算并显示,如图3所示;外部INT0中断服务程序主要记录回波次数,超过3次以上的回波给予屏蔽,如图4所示;内部 T_0 中断服务程序每40 ms中断一次,主要形成宽度约30 μ s的单脉冲发射波并读入所测时间,如图5所示;另外3个主要子程序为:显示控制子程序、按键控制子程序和数据处理子程序。

3 提高测量精度采用的技术

液位的值是通过单片机控制电路所测的时间乘上超声波传播速度得到的,因此要提高液位精度,必须已知稳定的超声波传播速度,同时提高所测时间的精度。

为获得稳定的超声波传播速度:(1)采用底部测量法,超声波在同一液体传播,传播速度相对稳定。若采用顶部测量法,除测量不便,回波较弱外,由于气体中含有一定的被测液体(被测液体挥发),且含量随环境不同而不同,使超声波传播速度随介质不同而改变,影响液位计算的精度。(2)在系统中配备一高10 cm的标准内空的圆柱体试块,利用它可随时测量超声波在被测液体的传播速度,并存入单片机系统。通过按键设置系统工作于标准试块速度的测量或是实测对象液位的测量。这样便很好地解决了超声波传播速度受环境变化而带来的较大误差。

为得到单片机所测传播时间:1)在硬件上为提高时间的测量精度引入专用的定时/计数器8254代替单片机本身的定时器。若波的传播速度较慢,可通过单片机对发射波与回波的查询或由发射波与回波触发中断,开关单片机本身的定时器完成计时功能。当波的传播速度很快时,测出的误差很大。其原因:(1)不管是查

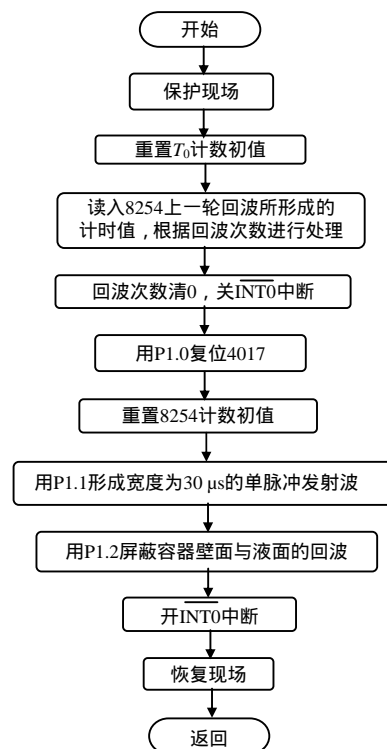


图5 内部 T_0 中断服务程序流程

询发射波与回波,还是由之触发单片机中断再通过软件启停定时器均需要一定的时间(中断方式误差相对要小);(2)单片机的时间分辨率不是太高,如晶振频率为12 MHz,时间分辨率为1 μ s。而引入8254可大大提高测量精度,它用发射波与回波形成的GATE信号直接启停8254的定时器,同时8254具有更高的工作频率,时间的分辨率更高,系统采用2 MHz的工作频率。2)8254的时标信号由2 MHz的多谐振荡器产生,其振荡频率的稳定性至关重要,电路为由晶振组成的多谐振荡器,振荡频率的稳定性好。3)在软件上进行相应处理,8254三个定时器同时工作,当只有一次回波时,液位较高,系统仅读入 T_0 时间;当有两次回波时,系统读入 T_0 、 T_1 ,比较两者的差,超过一定范围时,舍去该组数据,否则保存 T_1 ;当有三次回波时,液位相对较低,系统读入 T_1 、 T_2 并比较,正常时,取 T_1 、 T_2 均值。每形成一次发射波,更新一次测量数据,以实现液位变化的动态显示。同时在由所测时间换算为液位时采用如下计算方法:将实测时间值乘以10 cm(标准试块高)再除以测标准试块时的时间值,若直接采用时间乘以速度的算法,运算过程的四舍五入将引起较大的误差,原因在于超声波传播很快(km/s以上),时间上小的舍入反应在距离上会有大的误差。

本文设计的系统已通过调试,运行正常,达到设计要求。

参 考 文 献

- [1] 邱瑞昌,姜久春.泊车用超声波测距仪的研制[J].电子产品世界,2001,(9):11.
- [2] 胡汉广.单片机原理及其接口技术[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 陈光东.单片微型计算机原理与接口技术[M].武汉:华中理工大学出版社,1999.

编 辑 漆 蓉

(上接第348页)

3 实验结果

当改变信源为教育信息时,本系统可以有效地为远程教育服务,通过有线电视或卫星传输,能使人们在没有互联网的高山、荒原、海底享用信息,接受教育。本文的实验有良好的平台移植性,通过了局域网和DVB-C平台的验证。经测试,对26 MB的网站内容自动标引,生成的标引信息库为120 KB,占4.5%,平均用时67 s,且标引信息的生成不占发送时间,证明本文的实验效率较高。用户端利用标引信息中的PID和Subject_code字段在物理层控制选择接收,缓解了用户计算机的工作量。经过多次实验,用户端都能灵活控制并正确无误地接收信息。

参 考 文 献

- [1] 李幼平.广播型文化网格[C]//第二届中国数据广播论坛论文集,成都:2003.
- [2] 马建国,李在铭.广播型网格[J].计算机科学,2004,31(8):5-7,21.
- [3] 马建国,邢玲,马建国,等.数据广播中的UCL标引与传输机制[J].电子学报,2004,32(10):1 621-1 624;1 643.
- [4] Ma Jianguo, Liu Guihua, Xing Ling. An agent of data broadcasting based on UCL[C]//IEEE International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering, Beijing, 2003.
- [5] 闫瑞瑞,马建国.数据广播中内容定位技术的软件实现[J].电视技术,2003,(9):42-44.
- [6] ETSI. ISO/IEC 13818-1: Information technology-generic coding of moving pictures and associated audio recommendation[S] 1994.

编 辑 熊 思 亮