

# 反射式超声 CT 实验装置的研究\*

冯利军, 严杨飞, 何俊梅, 裔士源, 周梦迪, 曾碧新  
(温州医科大学 信息与工程学院, 浙江 温州 325000)

**摘要:** 为 CT 教学设计了一款基于 STM32 的反射式超声 CT 实验装置。该装置由收发一体超声模块、单片机控制单元模块、串口通信模块、三维机械平台、步进电机驱动模块、Matlab 图形重建模块组成, 通过 STM32 单片机控制收发一体超声模块发射超声信号, 并由 VB 操作界面控制待测物体的升降、旋转以及超声换能器的平移。本装置体积小、结构简单、零件大众化、易于更换及维修, 市场前景广泛。

**关键词:** 超声 CT; 图形重建; 实验教学; STM32; 串口通信

中图分类号: TP20, TP30

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0088-03

## Research on reflective ultrasonic CT experimental device

Feng Lijun, Yan Yangfei, He Junmei, Yi Shiyuan, Zhou Mengdi, Zeng Bixin  
(College of Information and Engineering, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China)

**Abstract:** A reflection type ultrasonic CT experimental device based on the STM32 is designed for the teaching of CT. The device consists of a transceiver ultrasonic module, an MCU module, a serial communication module, a 3D mechanical platform, a stepper motor drive module and a Matlab graphical reconstruction module. The ultrasonic signals are launched by the STM32 MCU controlling transceiver ultrasonic module, the movements of the object under test and the rotation and translation of ultrasonic transducer are controlled by the VB interface. There are many advantages of this device, such as small volume, simple structure, widely-used components, easy maintenance and repair, and thus, broad market prospects.

**Key words:** ultrasonic CT; image reconstruction; experimental teaching; STM32; serial port communication

CT 是计算机层析成像术 (Computer Tomography) 的缩写, 自 70 年代问世以来已日趋成熟, 其中超声 CT 广泛应用于医学、工业无损探测、地质探测等领域中。实际应用中的超声 CT 装置十分庞大复杂, 且价格昂贵。目前, 国内对反射式超声 CT 实验装置有一定的研究, 但未见相关产品报道。如果能开发出一款用于教学的反射式超声 CT 实验装置, 则将大大有助于学生熟练操作 CT 及了解 CT 的工作原理, 对物理上反问题的求解过程也有直接的体会<sup>[1]</sup>。

反射式超声 CT 实验装置是一款用于模拟反射式超声 CT 装置操作过程的教学实验仪。其采用对人体无伤害的超声波, 使用大众化的零件, 易于更换及维修, 成本低, 结构简单, 可用于高校 CT 教学。学生通过操作该装置可迅速了解 CT 的操作过程及工作原理, 了解图形重建, 体会进行 CT 模拟实验的意义<sup>[2]</sup>。本装置在 VB 操作界面上输入相应指令, 经串口通信将数据传给单片机, 通

过 STM32 单片机控制平台左右移动、上下升降以及旋转。通过单片机处理测得待测物体到超声模块的距离, 并通过串口通信传给 VB 操作界面。通过 ActiveX 控件技术实现 Matlab 与 VB 的连接, 系统采集的数据经 Matlab 预处理, 筛选出有用的数据进行插值和拟合, 运用重建算法还原被测物体轮廓的图形。

### 1 装置设计原理

反射式超声 CT 实验装置由 8 个模块组成: 收发一体超声模块、单片机控制单元模块、串口通信模块、稳压电源模块、三维机械平台、步进电机驱动模块、Matlab 图形重建模块和计算机 VB 操作界面模块。装置原理图如图 1 所示。三维机械平台工作数据通过计算机 VB 操作界面及串口通信传输到单片机控制单元, 单片机控制单元对数据判断后, 通过步进电机驱动模块驱动步进电机, 从而控制三维机械平台工作。单片机控制单元控制收发一体超声模块发射接收超声波, 经过单片机处理获取收发一体超声模块到待测物体的距离, 将这个数据

\* 基金项目: 2012 年地方高校国家级大学生创新训练计划项目(201210343011)

## 应用奇葩

Example of Application

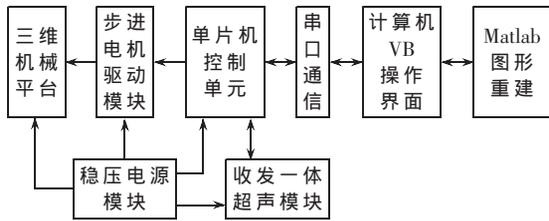


图1 装置原理图

通过串口通信传输给计算机 VB 操作界面,VB 通过连接 Matlab,重建轮廓图形,在 VB 操作界面成像窗口显示重建轮廓图形。

## 2 下位机硬件构成

## 2.1 单片机控制单元模块

单片机是反射式 CT 实验装置的控制中心,负责控制收发一体超声模块的发射接收超声波,通过串口通信与计算机 VB 操作界面进行数据传输以及控制三维机械平台的旋转、左右平移和上下升降。采用 STM32 单片机,工作电压为 3.3~5.5 V,工作频率范围为 0~72 MHz,能很好地控制系统的各个部分。

## 2.2 三维机械平台

单片机通过控制步进电机驱动器驱动步进电机工作,从而控制三维机械平台的旋转、平移、升降。由于收发一体超声模块存在盲区,平移平台与升降、旋转平台相距一定距离,本装置实际相距 32 cm,来消除盲区对实测距离的干扰。本装置采用的步进电机的型号为 42HE1410M-24S,驱动电流为 1.5 A,步距角为 1.8°,通过步进电机驱动器调节细分来改变步距角从而调节扫描精度。三维机械平台工作流程图如图 2 所示。



图2 三维机械平台工作流程图

## 2.3 稳压电源模块

稳压电源模块给 STM32 单片机、收发一体超声模块、步进电机驱动器、三维机械平台供电。开关电源提供 24 V 电压,经过 7805 稳压后转为 5 V 电压。稳压电源模块电路图如图 3 所示。 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  分别是电源模块输入输出的滤波电容,获得波纹较小的电压。 $R_2$  为发光二极管的限流电阻,发光二极管作为电源指示灯,如果电源模块工作正常,二极管被点亮。

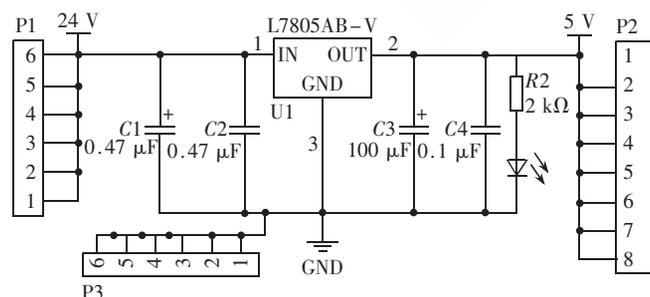


图3 稳压电源模块电路图

## 2.4 收发一体超声模块

收发一体超声模块采用单个超声波换能器,采用脉冲驱动换能器发射超声波,当发射停止时换能器转为接收器,经过一段时间后,接收反射回来的超声波。经过分析处理后可以测得障碍物的距离: $s=ct/2$ , $s$  为超声波传播的距离, $c$  为超声波在介质中的传播速度(在空气中超声波速为 340 m/s),因此只要测得超声波传播的时间  $t$ ,就可以得到收发一体超声模块到待测物体的距离。其工作电压为 5 V,超声探头的余震时间太长,会导致超声模块的盲区相应增大<sup>[3]</sup>。为了减小盲区对收发一体超声模块到待测物体所测距离精度的影响,本装置增大了收发一体超声模块与待测物体之间的距离。收发一体超声模块原理图如图 4 所示。STM32 单片机控制超声换能器发射超声波,超声波遇到待测物体反射回来,超声换能器接收超声波,信号经过前放、主放、幅值甄别、电平转换、A/D 转换之后传输到 STM32 单片机。



图4 收发一体超声模块原理图

## 2.5 串口通信模块

串口是单片机控制单元与计算机 VB 操作界面的通信通道,实现单片机与 VB 间的数据传输信息交换。采用全双工、异步通信方式实现 STM32 单片机与 VB 间的通信,配置波特率为 9 600 b/s。

## 3 系统软件设计

## 3.1 下位机软件设计

本装置通过 VB 中的控件 MSCOMM 的属性设置与 STM32 单片机串口设置相匹配,实现串口连接从而实现数据的人为发射和自动接收。初始化 STM32 单片机,VB 与 STM32 单片机进行通信后,开启定时器,就可以通过 VB 操作界面来发送和接收数据。STM32 单片机根据接收的数据进行了分析判断,从而控制三维机械平台的升降、旋转、平移。STM32 单片机获得收发一体超声模块到待测物体的距离,通过串口通信传输到 VB 操作界面并保存。下位机程序流程图如图 5 所示。

## 3.2 上位机软件设计

上位机程序采用 VB 编写,程序主要功能包括:

- (1) 用户登入注册;
- (2) 接收下位机上传的数据;
- (3) 向下位机传送数据,控制步进电机的左右、升降、旋转运动;
- (4) 将待测物体与收发一体超声模块的距离、移动距离、旋转角度等数据保存在 txt 文档里;
- (5) VB 与 Matlab 连接,调用 Matlab 软件处理源数据;
- (6) 重建待测物体的轮廓图形。

STM32 单片机处理测得待测物体到收发一体超声

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 95

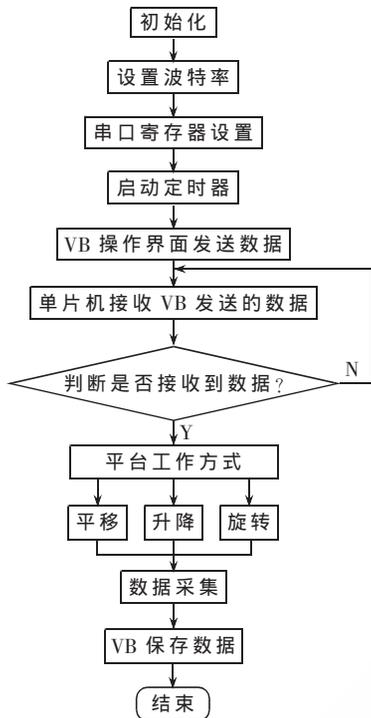


图 5 下位机程序流程图

模块的距离,并通过串口通信传输给 VB 操作界面,VB 操作界面将采集的数据存储于 txt 文档中。通过 ActiveX 控件技术实现 Matlab 与 VB 的连接,控制 VB 操作界面,Matlab 调用存储采集数据的 txt 文档,对其进行预处理,筛选出有用的数据进行插值和拟合,根据待测物体选择重建算法,还原待测物体轮廓图形,在 VB 操作界面成像窗口显示重建轮廓图形。上位机程序流程图如图 6 所示。

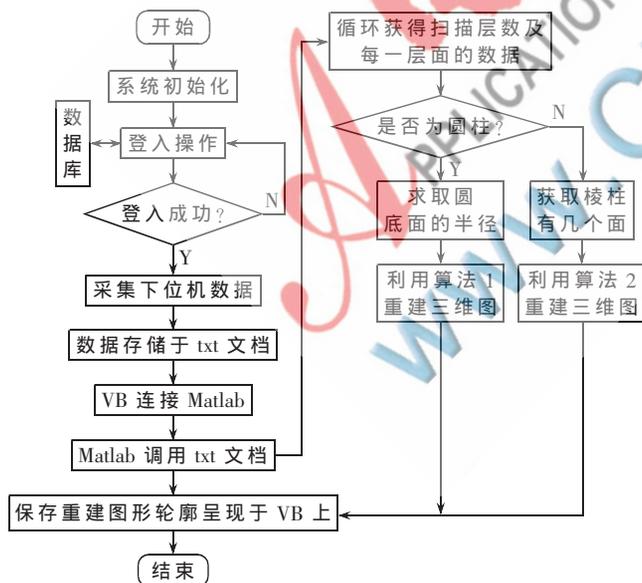


图 6 上位机程序流程图

4 系统运行结果

反射式超声 CT 实验装置操作界面分为三维机械平台控制部分和图形重建显示部分。通过控制机械平台移动,采集不同位置收发一体超声模块到待测物体的距

离,以及超声传感器的位置,通过图形重建算法重建待测物体的轮廓图形,在 VB 操作界面成像窗口显示。待测物体实物图如图 7 所示。圆柱组合体重建轮廓图形如图 8 所示。立方体与正三棱柱组合体重建轮廓图形如图 9 所示。

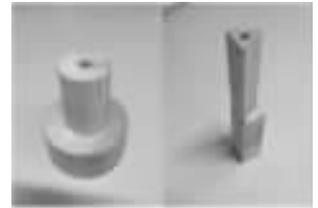


图 7 待测物体实物图



图 8 圆柱组合体重建轮廓图形



图 9 立方体与正三棱柱组合体重建轮廓图形

收发一体超声模块测量距离表如表 1 所示。在一定测量范围内,收发一体超声模块的测量距离越大则测量精度越高,利于待测物体的图形重建,重建轮廓图形更接近实际轮廓。

表 1 收发一体超声模块测量距离

实际距离/cm	测量平均距离/cm	最大测量误差/cm
36.0	36.4	0.4
38.0	38.3	0.3
40.0	39.8	0.2
42.0	41.9	0.1

本装置中 Matlab 与 VB 的连接并不复杂,而且与单片机通信的失误率很低,通信较为可靠。测量的盲区也可控制在 20 cm 以内。因为声波的速度与温度有关,测量值在非室温下准确度会下降,测量的结果需要校正,经过校正,本装置的测量距离精度符合实验教学要求,还可为其他的相关研究提供理论和应用基础。

本装置可以针对市场需求,增大其发射功率和测量距离。本装置还可以增加收发一体超声换能器的数量,以缩短检测时间,提高图像分辨率以及增大待测物体的种类范围。此外,本装置可以通过提高超声换能器测距的

精度来提高成像效果。而本装置具有体积小、结构简单、零件大众化、易于更换及维修等优点,市场前景广阔。

参考文献

- [1] 马文君,梁家惠.反射式超声 CT 用于物理实验教学的开发[J].物理实验,2004,24(4):6-8.
- [2] 舒文锋,程建政,蓝从庆.模拟生物样品的反射式超声 CT 成像[J].声学技术,2000,19(1):19-22.
- [3] 华亮,堵俊,吴晓.新型高精度一体反射型超声波传感器测距系统研制[J].仪表技术与传感器,2008(4):80-83,96.

- [4] 兰羽,周茜.超声波测距系统接收电路研究[J].电子设计工程,2012,20(14):81-83.

(收稿日期:2013-10-27)

作者简介:

冯利军,男,1991年生,本科生在读,主要研究方向:嵌入式集成。

严杨飞,女,1992年生,本科生在读,主要研究方向:图像处理。

曾碧新,女,1956年生,教授,主要研究方向:医学信号检测与处理。

