

第 2-11 讲：超声波测距

1. 学习目的

1. 了解超声波测距原理。
2. 掌握 IAP15F2K61S2/IAP15W4K61S4 单片机测距编程，并数码管显示测试结果。

2. 超声波测距

2.1. 超声波测距原理

超声波是利用反射的原理测量距离的，被测距离一端为超声波传感器，另一端必须有能反射超声波的物体。测量距离时，将超声波传感器对准反射物发射超声波，并开始计时，超声波在空气中传播到达障碍物后被反射回来，传感器接收到反射脉冲后立即停止计时，然后根据超声波的传播速度和计时时间就能计算出两端的距离。

当介质为空气时，声速为 340m/s，根据记录的时间，即可计算出发射位置与障碍物之间的距离。

2.2. CX20106A 超声波测距模块

1. 模块简介

艾克姆的 CX20106A 超声波测距模块如下图所示，其核心是两个压电陶瓷超声波传感器。一个用作发射器，需要“Trig”引脚发送 8 个 40 KHz 的脉冲信号以控制超声波发射端对外发射超声波脉冲，另外一个用作接收器，监听到发射器发射的脉冲后，由 CX20106A 电路控制其第 7 引脚（即“Echo”引脚）输出低电平信号，微控制器根据控制“Trig”引脚产生脉冲及“Echo”引脚检测到有效信号的时间来确定超声波脉冲传播的距离，从而实现测距的目的。

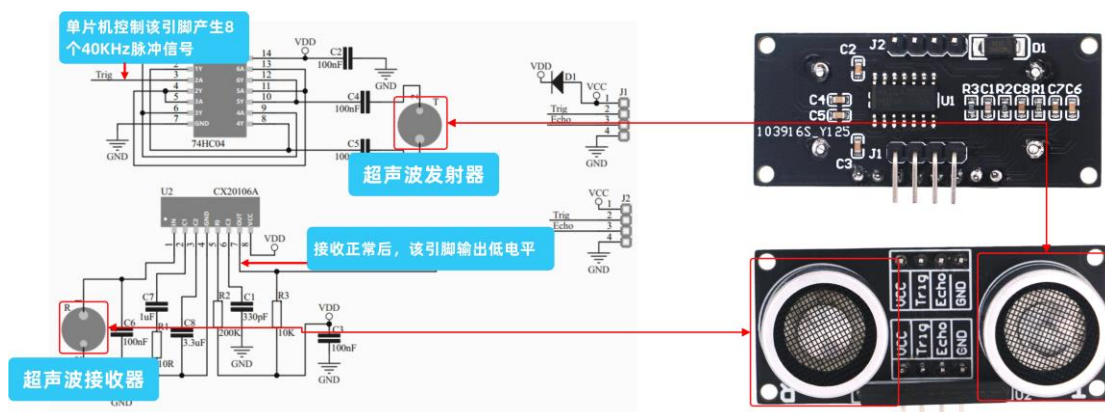


图 1：CX20106A 超声波测距模块

2. 引脚定义

表 1: CX20106A 超声波测距模块引脚描述

序号	针脚名称	功能描述
1	VCC	模块供电正，典型工作电压 5VDC。
2	Trig	发射端，向发射器输出 8 个 40KHz 的脉冲信号。
3	Echo	接收端，当接收到反射信号时，引脚输出低电平。
4	GND	模块供电负。

3. 工作流程

CX20106A 超声波测距模块工作时序如下图所示。

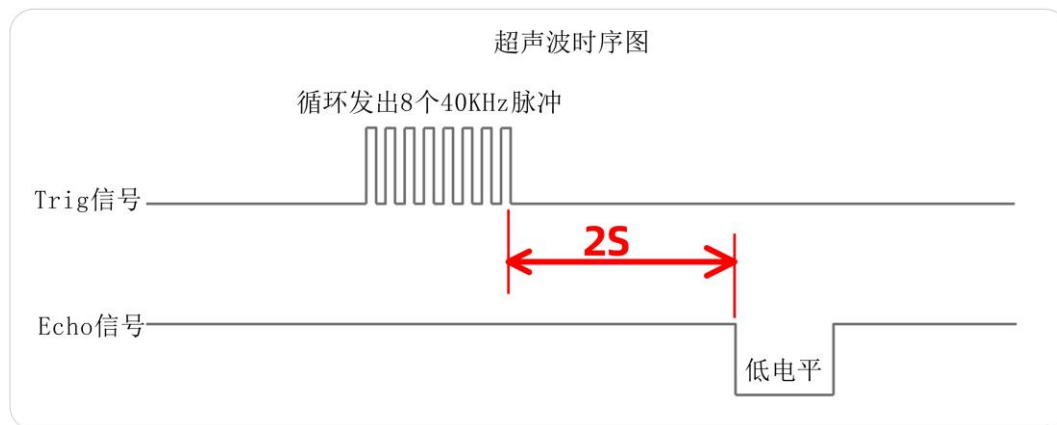


图 2: 超声波时序图

流程:

- 1) 通过 Trig 发送 8 个 40KHz 的脉冲触发信号。
- 2) 有信号返回后，超声波模块 Echo 引脚输出低电平信号，上图中的时间间隔 2S 就是超声波从发射到返回的时间，距离计算公式如下：

$$\text{距离} = \frac{2S(s) \times 340(m/s)}{2} m$$

2.3. HC-SR04 超声波测距模块

1. 模块简介

艾克姆的 HC-SR04 超声波测距模块如下图所示，其核心是两个压电陶瓷超声波传感器。一个用作发射器，当接收到“Trig”引脚的触发信号后对外发射 40 KHz 超声波脉冲，另外一个用作接收器，监听到发射器发射的脉冲后，“Echo”引脚将产生一个输出脉冲，该脉冲宽度为超声波发出到接收的时间，由此可确定脉冲传播的距离。



图 3：HC-SR04 超声波测距模块

2. 模块参数

电气参数	HC-SR04超声波模块
工作电压	DC3. 3V ~ DC5V
最小静态工作电流	小于5mA
工作频率	40Hz
最远射程	4. 5m
最近射程	2cm
测量角度	15度
输入触发信号	10us的TTL脉冲
输出回响信号	输出TTL电平信号，与射程成比例
重量	约8. 3克
规格尺寸	45*20*15mm

图 4：模块参数

3. 引脚定义

表 2：HC-SR04 超声波测距模块引脚描述

序号	针脚名称	功能描述
1	VCC	模块供电正，典型工作电压（3.3~5）VDC。
2	Trig	触发端。
3	Echo	接收端，当接收到反射信号时，引脚产生一个脉冲。脉冲的长度与检测发射信号所需的时间成正比。
4	GND	模块供电负。

4. 工作流程

HC-SR04 超声波测距模块工作时序如下图所示。

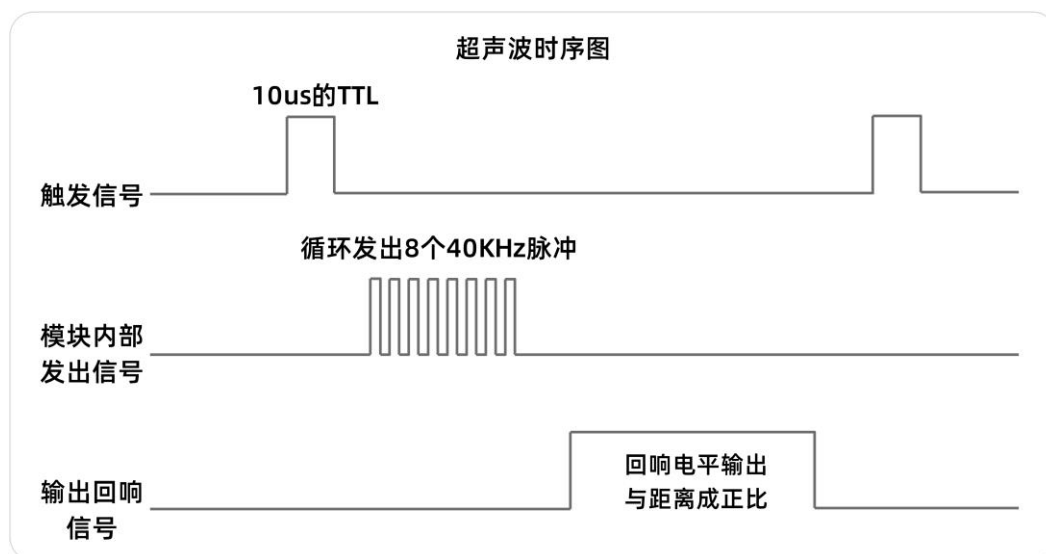


图 5：超声波时序图

流程：

- 1) 通过 Trig 发送触发信号，给宽度至少 10us 的脉冲信号。
- 2) 超声波模块自动发送 8 个 40KHz 的方波，自动检测是否有信号返回。
- 3) 有信号返回后，超声波模块 Echo 引脚 输出一个高电平，高电平持续的时间就是超声波从发射到返回的时间，距离计算公式如下：

$$\text{距离} = \frac{\text{高电平时间}(s) \times 340(m/s)}{2} m$$

3. 软件设计

3.1. 超声波测距实验（串口输出测试结果）

✧ 注：本节的实验是在“实验 2-9-1：DS18B20 温度传感器 - 数码管显示”的基础上修改，本节对应的实验源码是：“实验 2-11-1：超声波测距 - 数码管显示”。

3.1.1. 实验内容

- 1) IAP15F2K61S2/IAP15W4K61S4 单片机的 P1.0 连接 CX20106A 超声波模块的 Trig 引脚，测量距离时发送 40KHz 脉冲触发信号；P1.1 连接 CX20106A 超声波模块的 Echo 引脚，获取有效信号变化情况。
- 2) 使用 Timer0 测量超声波发射器到接收器回响信号的时间，定时器时钟配置为 12T，在 12MHz 主频下，一个计数值的时间为 1us。
- 3) 每 200ms 测量一次，计算出距离后通过数码管显示结果。

3.1.2. 代码编写

1. 新建一个名称为“ultrasonic.c”的文件及其头文件“ultrasonic.h”保存到工程的“Source”文件夹，并将“ultrasonic.c”加入到 Keil 工程中的“SOURCE”组。该文件用于存放 ultrasonic 测距操作相关的函数。
2. 引用头文件

因为在“main.c”文件中使用了“ultrasonic.c”文件中的函数，所以需要引用下面的头文件“ultrasonic.h”。

代码清单：引用头文件

```
1. //引用 ultrasonic 的头文件
2. #include "ultrasonic.h"
```

3. 定义引脚

本例中，我们用 P1.0 和 P1.1 分别用于 CX20106A 超声波测距模块的 ECHO 和 TRIG 信号引脚，定义如下。

代码清单：定义用于模块用引脚

```
1. sbit ECHO = P1^1;
2. sbit TRIG = P1^0;
```

4. 初始化定时器 0

Timer0 用于测试超声波发射器到接收器回响信号的时间，Timer0 时钟配置为 12T，在 12MHz 主频下，一个计数值的时间为 1us。

定时器初始化代码清单如下：

代码清单：初始化 Timer0

```
1. /*****
2. 功能描述：初始化 Timer0（系统时钟使用 12MHz），12T
3. 参 数：无
4. 返 回 值：无
5. *****/
6. void timer0_init(void)
7. {
8.     AUXR &= 0x7F;    //定时器时钟 12T 模式
9.     TMOD &= 0xF0;    //配置 Timer0 为定时器
10.    TL0 = 0x00;       //设置定时初始值
11.    TH0 = 0x00;       //设置定时初始值
12.    TF0 = 0;          //清除 TF0 标志
13.    PT0 = 1;          //中断优先级配置为高优先级
14.    ET0 = 1;          //使能定时器 0 中断
15.}
```

5. 测量距离

按照 CX20106A 超声波模块工作流程编写测量函数如下。

代码清单：触发超声波测量一次距离

```
1. /*****
2. 功能描述：读取距离信息
3. 入口参数：无
4. 返回值：u32 距离信息
5. *****/
6. u32 Get_Distance(void)
```

```

7. {
8.     static u32 S=0;
9.     static u16 time=0;
10.
11.     Start_Module();           //启动超声波模块 （控制控制口发 8 个 40KHz 的超声波信号）
12.     while(!ECHO);             //当超声波模块的接收端 ECHO 为低电平时，程序执行空语句，即等待 ECHO 端口变为
                                高电平才执行下面的语句
13.     timer0_start();           //当超声波模块的接收端 ECHO 为高电平时，开启定时器 0 计数
14.     while(ECHO&& (TF0 == 0)); //若超声波模块的接收端 ECHO 仍为高电平，程序执行空语句，即等待 ECHO
                                端口变为低电平才执行下面的语句
15.     timer0_stop();            //当超声波模块的接收端 ECHO 变为低电平时，关闭定时器 0
16.
17.     time=TH0*256+TL0;         //计算出所用总时间
18.     TH0=0x00;                 //清零定时器 0 装载值
19.     TL0=0x00;                 //清零定时器 0 装载值
20.
21.     //公式： 来回的距离 = 声速 * 来回的时间
22.     // 即： 2S = 340*t 其中： t = time*(1/(12000000/12)) = time/1000000
23.     // 故： S = 170*time/1000000 （单位是 m）
24.     S=(time*1.7)/100;         //算出来实测距离（单位是 cm）
25.
26.     return S;
27. }

```

6. 主函数

主函数中完成相关的初始化，之后，在主循环中每 200ms 测量距离，并通过串口输出测量结果。

代码清单：主函数

```

1. /*****
2. 功能描述：主函数
3. 入口参数：无
4. 返回值：int 类型
5. *****/
6. int main(void)
7. {
8.     static u32 Distance=0;
9.     static u8 disbuff[3];
10.
11.     P2M1 &= 0x1F;   P2M0 |= 0xE0;   //设置 P2.5、P2.6、P2.7 为推挽输出
12.     P0M1 &= 0x00;   P0M0 |= 0xFF;   //设置 P0.0 ~ P0.7 为推挽输出
13.     P1M1 &= 0xFC;   P1M0 &= 0xFC;   //设置 P1.0 ~ P1.1 为准双向口
14.
15.     TRIG=1;         //控制模块控制口 Trig 输出高电平

```

```
16. SEG_off(); //控制 8 位数码管/点阵不显示
17. leds_off(); //熄灭 D1~D8 指示灯
18. ULN2003_off(); //控制 ULN2003 输出高电平, 关闭蜂鸣器、继电器等
19. delay_ms(10); //延时
20.
21. timer0_init(); //定时器 0 初始化
22. timer2_init(); //定时器 2 初始化
23. timer2_start(); //启动定时器 2
24. EA = 1; //使能总中断
25. delay_ms(200);
26.
27. while(1)
28. {
29.     Distance=Get_Distance(); //读取实测距离
30.     if((Distance>=Distance_MAX)||flag==1) //实测距离超出测量范围显示“-”
31.     {
32.         flag=0; //清零测距用超出范围标识符
33.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_6,16,LEDSEG_DP_ON); //更新第 6 个数码管显示内容
34.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_7,16,LEDSEG_DP_OFF); //更新第 7 个数码管显示内容
35.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_8,16,LEDSEG_DP_OFF); //更新第 8 个数码管显示内容
36.     }
37.     else
38.     {
39.         disbuff[0]=Distance%1000/100;
40.         disbuff[1]=Distance%1000%100/10;
41.         disbuff[2]=Distance%1000%10 %10;
42.
43.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_6,disbuff[0],LEDSEG_DP_ON); //更新第 6 个数码管显示内容
44.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_7,disbuff[1],LEDSEG_DP_OFF); //更新第 7 个数码管显示内容
45.         LEDseg_DisUpdata(LEDSEG_8,disbuff[2],LEDSEG_DP_OFF); //更新第 8 个数码管显示内容
46.     }
47.     delay_ms(200); //延时 200ms 读取一次距离信息
48. }
49. }
```

3.1.3. 硬件连接

本实验程序的编写都是基于 IO 模式, 所以 J24 端子需要使用短路帽将该端子第 1 引脚和第 2 引脚短接, 即选择为 IO 模式。CX20106A 超声波测距模块需要接插到开发板 J3 排母上, 同时因为超声波测距用到的 IO 口和红外收发共用, 所以开发板 J5 端子需使用短路帽将第 1 引脚和第 3 引脚短接、第 2 引脚和第 4 引脚短接, 如下图所示。

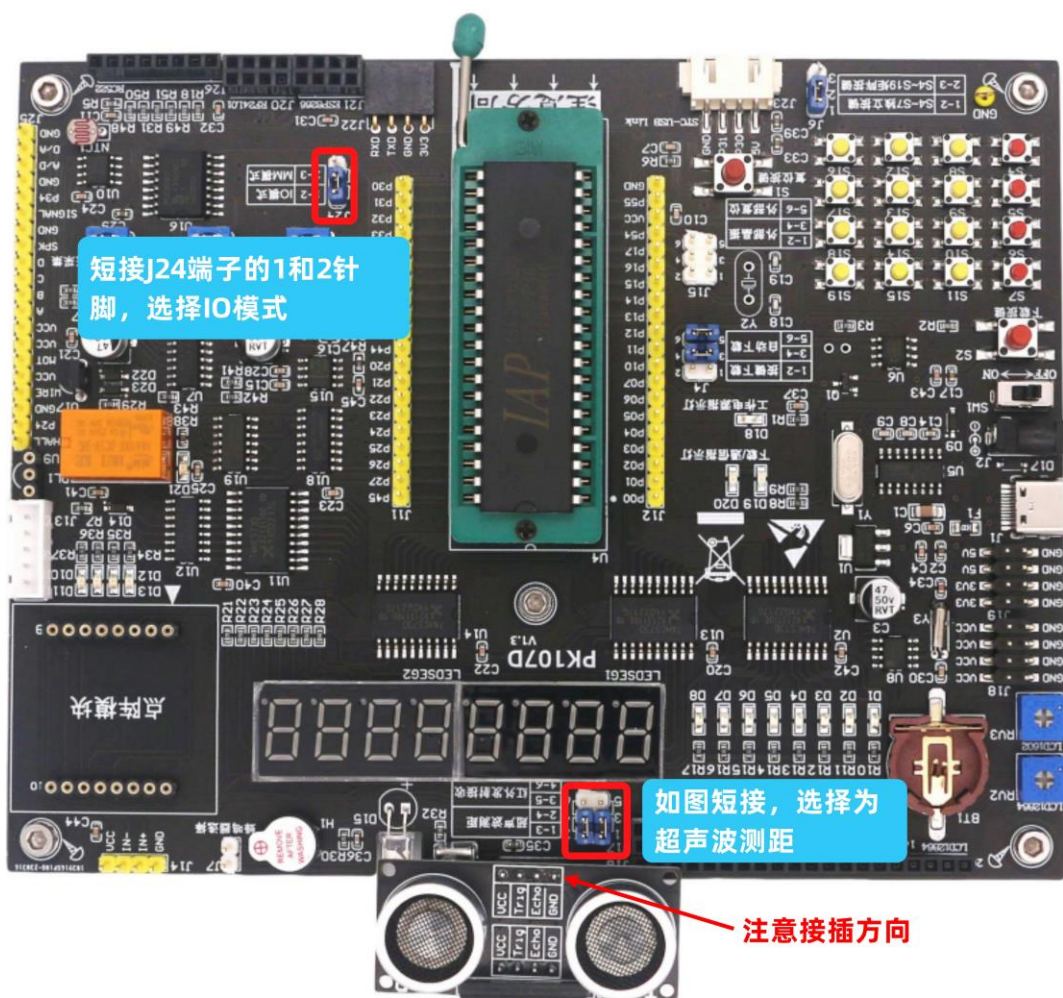


图 6：硬件连接

3.1.4. 实验步骤

- 1) 解压“…\第 3 部分：配套例程源码”目录下的压缩文件“实验 2-11-1：超声波测距 - 数码管显示”，将解压后得到的文件夹拷贝到合适的目录，如“D:\STC15”（这样做的目的是为了防止中文路径或者工程存放的路径过深导致打开工程出现问题）。
 - 2) 双击“…\ultrasonic\project”目录下的工程文件“ultrasonic.uvproj”。
 - 3) 点击编译按钮编译工程，编译成功后生成的 HEX 文件“ultrasonic.hex”位于工程的“…\ultrasonic\Project\Object”目录下。
 - 4) 打开 STC-ISP 软件下载程序，下载使用内部 IRC 时钟，IRC 频率选择：12MHz。
 - 5) 程序运行后，可以将超声波模块探头正对墙壁或其他物体测量，在开发板数码管上实时显示测距信息，将超声波模块远离/靠近墙壁，可以观察到距离变大/减小。
- ❖ **注意事项：**测距时，被测物体的面积不少于 0.5 平方米且要尽量平整。否则会影响测试结果。