

## Proyecto medidor de distancia con el sistema BOLT utilizando el sensor HC-SR04

El dispositivo HC-SR04 es un sensor ultrasónico de bajo costo que puede detectar la presencia y distancia a la que se encuentra un objeto dentro de un rango de 2 cm a 4 m.

Tienen dos transductores, un emisor y un receptor, funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como sensores ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar).

Características técnicas:

Los módulos incluyen transmisores ultrasónicos, el receptor y el circuito de control, se considera además que la velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 25 °C) es de 340 m/s.

Corriente de reposo: < 2mA

Corriente de trabajo: 15mA

Ángulo de medición: 30°

Ángulo de medición efectivo: < 15°

Detección de 2cm a 400cm o 1" a 13 pies (Sirve a más de 4m, pero el fabricante no garantiza una buena medición).

"Resolución" La precisión puede variar entre los 3mm o 0.3cm.

Dimensiones: 45mm x 20mm x 15mm

Frecuencia de trabajo: 40KHz

Número de pines:

- VCC: Alimentación +5V (4.5V min – 5.5V max)
- TRIG: Trigger entrada (input) del sensor (TTL)
- ECHO: Echo salida (output) del Sensor (TTL)
- GND

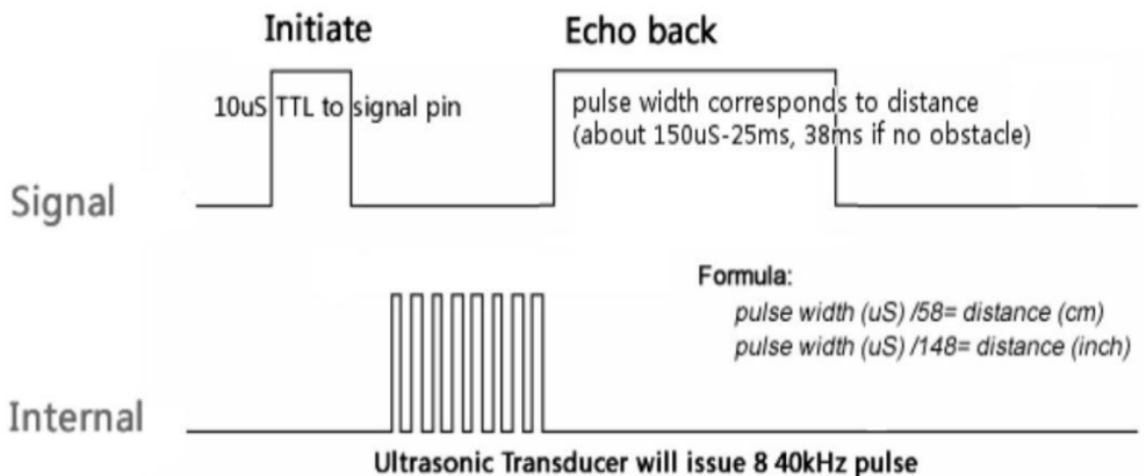


Figura 1. Diagrama de tiempos de las señales para el control del sensor

## Conexión del sensor con el sistema BOLT

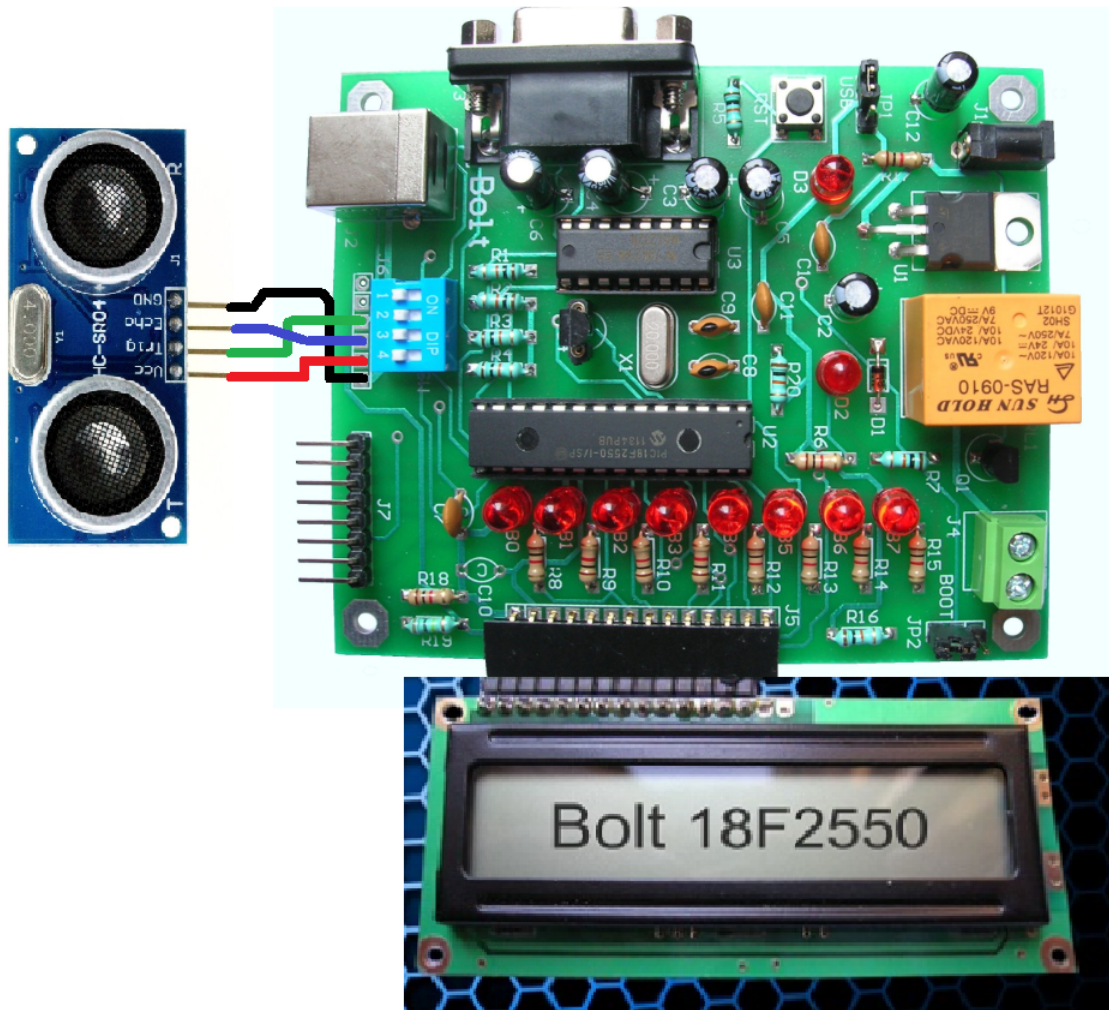


Figura 2. Conexión del sensor con el sistema BOLT  
Nota, los switches 3 y 4 deben estar en la posición OFF

Es recomendable que la superficie del objeto al que se debe medir la distancia sea lo más plana posible, es probable que superficies irregulares causen lecturas erróneas o materiales suaves como algodón.

Se sugiere que el módulo no se conecte directamente a la alimentación eléctrica, si debe conectarse a la alimentación eléctrica después que inicie la aplicación del microcontrolador se deberá conectar primero la terminal GND si no se hace así afectará el trabajo normal del módulo.

Para que la medición de la distancia sea confiable en el rango de trabajo de 2 cm a 4 m, el área debe ser de al menos de 0.5 metros cuadrados con una superficie lo más plana posible.

### Principio de funcionamiento

- Se debe enviar un pulso de disparo por el pin TRIGGER del sensor de al menos 10 microsegundos.
- El sensor enviará 8 pulsos de alta frecuencia por el emisor ultrasónico
- Cuando el receptor ultrasónico recibe la señal de retorno la señal ECHO se coloca en un nivel alto.

- La duración del pulso en el pin ECHO es directamente proporcional a la distancia medida por dos ya que debe considerarse el tiempo de retorno de la señal desde el objeto hasta el sensor. Mediante la siguiente expresión:

$$d = v * t / 2 \quad \dots(1)$$

La velocidad del sonido en el aire a 25 °C es 340 [m/s]

Por lo tanto la distancia en centímetros en función de tiempo en microsegundos es:

$$d[\text{cm}] = (1 / 58) * t [\text{us}] \quad \dots(2)$$

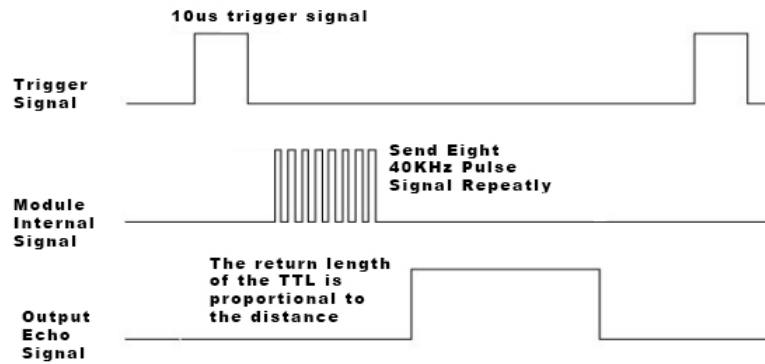


Figura 3. Diagrama de tiempos del funcionamiento de los pines para medir la distancia.

Se configura el TIMER0 en modo de 16 bits con un preescalador de 4, con la fuente de reloj interna, así cada 333.33 ns se incrementa el contador, por lo que para obtener el tiempo en microsegundos en función de los incrementos del contador (ticks) tenemos:

$$t [\text{us}] = \text{ticks}(333.33 \text{ ns} / 1 \text{ tick}) * (1 \text{ us} / 1000 \text{ ns})$$

$$t [\text{us}] = 0.3333 \text{ ticks} \quad \dots(3)$$

Por lo tanto al aplicar (3) en (2):

$$d [\text{cm}] = (1 / 58) * (0.3333) \text{ ticks}$$

$$d [\text{cm}] = 0.0057 * \text{ticks} \quad \dots(4)$$

A fin de que no se pierda precisión en las medidas se multiplica por el factor

$$(333.3 / 58000)$$

Así en el código fuente se utiliza la expresión:

$$d [\text{cm}] = (333.3 / 58000) * \text{ticks} \quad \dots(5)$$

Para medir el tiempo se utiliza el TIMER 0 con la siguiente configuración:

**REGISTER 11-1: T0CON: TIMER0 CONTROL REGISTER**

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0PS0
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

- bit 7 **TMR0ON:** Timer0 On/Off Control bit  
1 = Enables Timer0  
0 = Stops Timer0
- bit 6 **T08BIT:** Timer0 8-Bit/16-Bit Control bit  
1 = Timer0 is configured as an 8-bit timer/counter  
0 = Timer0 is configured as a 16-bit timer/counter
- bit 5 **T0CS:** Timer0 Clock Source Select bit  
1 = Transition on T0CKI pin  
0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)
- bit 4 **T0SE:** Timer0 Source Edge Select bit  
1 = Increment on high-to-low transition on T0CKI pin  
0 = Increment on low-to-high transition on T0CKI pin
- bit 3 **PSA:** Timer0 Prescaler Assignment bit  
1 = Timer0 prescaler is NOT assigned. Timer0 clock input bypasses prescaler.  
0 = Timer0 prescaler is assigned. Timer0 clock input comes from prescaler output.
- bit 2-0 **T0PS2:T0PS0:** Timer0 Prescaler Select bits  
111 = 1:256 Prescale value  
110 = 1:128 Prescale value  
101 = 1:64 Prescale value  
100 = 1:32 Prescale value  
011 = 1:16 Prescale value  
010 = 1:8 Prescale value  
001 = 1:4 Prescale value  
000 = 1:2 Prescale value

Figura 4. Registro de control del TIMER 0.

Al comienzo de la aplicación se configura el TIMER 0 con el valor 0x01, esto hace que el TIMER 0 este apagado, con el preescalador a 4, posteriormente en la aplicación se habilita en temporizador después de enviar un pulso de 20 microsegundos, posteriormente se espera la señal de retorno por el pin ECHO que esta normalmente en estado bajo, al recibir la señal de alto se activa el TIMER 0, hasta que la señal ECHO cambia de alto a bajo, se lee el valor de contador del TIMER 0 que corresponde proporcionalmente a la distancia a la que se encuentra el objeto de prueba.

Se utiliza la interrupción del TIMER 0 como elemento de comprobación para saber que la distancia a la que se encuentra el objeto esta fuera del rango de medición, si la señal del pin ECHO no cambia en un tiempo de 23.5 ms el contador del TIMER 0 de desbordará causando la interrupción que mostrará el mensaje "Fuera de rango" en el LCD o bien el mensaje "Conecta sensor", sin embargo debido a que el funcionamiento del sensor se ve afectado si se reconecta nuevamente se recomienda desconectar de la alimentación eléctrica del sistema BOLT, conectar el sensor y alimentar nuevamente el sistema.

El sistema mostrará cada 0.8 segundo las lecturas de la distancia del objeto de prueba, tómesese en cuenta que el objeto a medir debe ser lo más liso posible y debe medir al menor 0,5 metros cuadrados de superficie para que las distancias mostradas sean confiables.

En las pruebas realizadas las lecturas obtenidas fueron muy confiables especialmente en distancias cortas, a mayores distancias dentro del rango de mediciones confiables se tiene un error de entre 1 y 3 cm.