

PROYECTO DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS DIGITALES

2009

<i>Proyecto de Sistemas Electrónicos Digitales 2009</i>	<i>0</i>
1 Enunciado	1
1.1 Robot de la NASA	1
1.2 Sistema de protección para niños	1
1.3 Alarma de coche	1
1.4 Radar para la guardia civil	1
1.5 Automatización de un aparcamiento	1
1.6 Sistema de seguimiento de misiles	1
1.7 Clasificador de artículos en línea de producción	2
1.8 Sistema de asistencia en el aparcamiento de coches	2
2 Fechas de interés	2
3 Pistas de diseño software	3
4 El medidor ultrasónico SRF04 de DEVANTECH Ltd.	3
4.1 Principio de funcionamiento	4
4.2 Descripción y Funcionamiento	6
4.3 Características Técnicas	7
4.4 Conexionado del sensor	7
5 Plantilla de propuesta de proyecto	9

1 Enunciado

Existe una demanda por parte de empresas de desarrollo de los proyectos que se exponen a continuación. Las empresas dan una especificación muy simple de lo que quieren. Sabiendo que se dispone de un servo, un sensor de ultrasonidos y la tarjeta del laboratorio, se pide:

- La mejor especificación posible con los medios que se tienen
- Un diseño, tanto hardware como software, del sistema que se necesita montar
- Una planificación, temporal y por persona, de cómo se va a abordar cada proyecto

1.1 Robot de la NASA

La NASA quiere diseñar un robot móvil que tiene que navegar por Marte para hacer prospecciones. El robot consta de muchos módulos, pero a ICAI se le ha encargado diseñar un sistema que detecte el camino, en el frontal del robot, más libre de obstáculos, con el objetivo de que el robot pueda iniciar su navegación por la zona menos peligrosa. El sistema debe indicar la orientación que debe conseguir el robot para encaminarse hacia esa zona.

1.2 Sistema de protección para niños

El objetivo es diseñar un sistema que detecte la presencia de personas delante y cerca de un televisor, con el objetivo de apagar el televisor. En el momento en el que la persona se aleja la televisión se encenderá. La distancia mínima debe ser configurable y el sistema tiene que tener indicadores del estado del mismo.

1.3 Alarma de coche

Se quiere diseñar una alarma volumétrica para un coche, con el objetivo de detectar intrusiones cuando el coche está parado y sin llave de contacto. En caso de que se detecte una intrusión, el sistema deberá ser capaz de disparar una cámara de fotos convencional, que está enfocada hacia la zona de interés.

1.4 Radar para la guardia civil

Se quiere desarrollar un radar que detecte si un vehículo supera una determinada velocidad máxima. La velocidad máxima será configurable y se debe dar indicación de si el vehículo que acaba de pasar sobrepasa la velocidad máxima.

1.5 Automatización de un aparcamiento

Se quiere automatizar un aparcamiento de la siguiente forma:

- Para entrar, los coches tienen que introducir un código secreto. Si el código es correcto la puerta del garaje se abre.
- Para salir, basta con que el coche se acerque a la puerta y ésta se abre sola.
- El garaje tiene un número máximo de plazas de 5.
- El sistema debe tener indicadores que muestren el estado del garaje.

1.6 Sistema de seguimiento de misiles

Se quiere desarrollar un sistema que detecte la presencia de un misil en una zona de riesgo y que permita realizar un seguimiento del mismo mientras permanezca en la misma. El sistema

constará de un radar que permanecerá orientado en la dirección del misil durante su paso por la zona de riesgo.

1.7 Clasificador de artículos en línea de producción

La empresa SEDSA, famosa por la gran variedad de artículos que es capaz de producir en la misma línea de producción, necesita un sistema que permita clasificarlos para posteriormente embalarlos en cajas para su posterior comercialización. En un principio, a ICAI le han encargado montar un prototipo que permita distinguir entre tres tipos de artículos que tienen distinto tamaño. El sistema debe informar al operador de los últimos 4 artículos que ha procesado. Para ello se usarán 4 LEDs.

1.8 Sistema de asistencia en el aparcamiento de coches

La empresa BOSCH, fabricante de gran parte de los sistemas que van embarcados en los coches, le ha pedido a ICAI que desarrolle un sistema que asista al conductor de un coche cuando está aparcando, indicando lo cerca o lo lejos que se encuentra de un obstáculo. Esta indicación se hará variando la intensidad luminosa de un LED. Cuando el coche esté muy lejos de un obstáculo la intensidad será cero y cuando esté muy cerca la intensidad será máxima.

2 Fechas de interés

La entrega de documentación del proyecto se hará el día que corresponda a cada alumno su laboratorio.

Semana del 7-Mayo: el alumno debe enviar al profesor de laboratorio, por e-mail y de forma impresa, una especificación del proyecto que va a realizar. La especificación del proyecto responde a la pregunta ¿qué voy a hacer?; es decir, consiste en enunciar el problema tal y como está enunciado en la sección 1, pero con más detalle. El enunciado de la sección 1 es un deseo de una empresa, pero no está formulado por un ingeniero. Por ello, te toca a ti realizar un enunciado detallado, con características técnicas, donde se describan las limitaciones y las bondades del sistema a desarrollar.

Semana del 14-Mayo: fecha tope para que el profesor entregue corregida la especificación del proyecto. En base a esto se elaborará la propuesta.

Día 19-Mayo: se debe enviar por e-mail al profesor de laboratorio una propuesta de proyecto (2 o 3 páginas) que consiste de (ver sección 5):

- Una especificación del proyecto con todo lujo de detalles. Responde a la pregunta ¿qué hacer?
- Un diseño hardware del sistema a montar; es decir, un esquema de conexionado tanto eléctrico como mecánico del sistema (la parte mecánica no se montará, pero debe estar bien diseñada). Responde a la pregunta ¿cómo lo hago desde el punto de vista hard?.
- Un diseño software a nivel de diagrama de flujo o esquema de cajas que permita discriminar los diferentes módulos de programa para un reparto de tareas entre los diferentes miembros del grupo. Responde a la pregunta ¿cómo lo hago desde el punto de vista soft?.

- Una planificación, temporal y por persona, de cómo se va a llevar a cabo el proyecto. Para ello el proyecto se dividirá en tareas, suficientemente detalladas como para que dos personas no se encarguen de lo mismo; es decir, que si una tarea la van a llevar a cabo dos personas, se debe dividir en dos subtareas de forma que quede claramente detallado el alcance de cada una de ellas.

(NOTA: el profesor podrá reorientar el proyecto a partir de ese día, si detecta inconsistencias o injusticias en la propuesta entregada)

Día 22-Mayo: fecha tope para que el profesor devuelva corregida la propuesta del proyecto.

Semana del 28 de Mayo: para la sesión de laboratorio cada persona, a título individual, deberá llevar un pseudocódigo de la parte que le corresponde de proyecto según la planificación entregada. NO se admitirá que dos personas traigan el mismo pseudocódigo, ya que denota un fallo en el reparto de tareas.

Último día de laboratorio de Junio: a lo largo de la sesión de laboratorio el profesor validará el funcionamiento de cada proyecto.

3 Pistas de diseño software

El problema se debe plantear como un sistema muestreado, donde se fija un periodo de tiempo, de forma que en cada uno de ellos o múltiplos de ellos, se realizan las distintas tareas. Para ello se usará una interrupción de timer que se encargará de llevar un reloj de sistema que permitirá planificar las tareas cada una en el periodo de tiempo que le corresponda.

Se recomienda utilizar como plantilla de proyecto la correspondiente a la práctica de interrupciones.

La gestión del servo y los contadores de tiempo se llevarán a cabo en la subrutina de interrupción, ya que son tareas que requieren una precisión temporal crítica.

Se recomienda modularizar cada uno de los periféricos que se usen; por ejemplo, hacer un programa modular que maneje sólo el servo, luego otro programa modular que maneje sólo el sensor de ultrasonidos y por último la integración de ambos. Estos programas serán testeados de forma individual de forma que se garantice el buen funcionamiento de cada uno de ellos. Esta técnica es la denominada "Divide y vencerás" con **implementación** "Down-Top", primero se implementan y prueban las tareas más simples y atómicas, para posteriormente ir implementando las más complejas que se sirven de las simples. Es la técnica contraria a la que se tiene que usar en el **diseño** "Top-Down", primero se piensan los módulos principales y finalmente se piensan los submódulos más detallados.

4 El medidor ultrasónico SRF04 de DEVANTECH Ltd.

A continuación se detalla el principio de funcionamiento de cualquier sensor de ultrasonido para medir distancias. Posteriormente se describe el sensor SRF04 de DEVANTECH Ltd, explicando su funcionamiento y las características técnicas. Por último se explica cómo se debe conectar a la tarjeta del laboratorio.

4.1 Principio de funcionamiento

Los sensores de ultrasonido son una tecnología de medida activa en donde se emite una señal ultrasónica en forma de pulso, para posteriormente recibir el reflejo de la misma o eco. Se pueden explotar diferentes aspectos de la señal reflejada: el tiempo de vuelo o la atenuación.

Los sensores de ultrasonido están formados por una cápsula emisora y otra receptora situada al lado de la emisora o bien por un transductor que actúa de emisor y receptor.

La forma estándar de usar un sensor ultrasónico es dar un impulso corto, pero de gran voltaje y a alta frecuencia, a la cápsula emisora para producir una onda ultrasónica. Si la onda ultrasónica viaja directamente contra un obstáculo, rebota, y vuelve directamente hasta el receptor. La distancia que hay entre el sensor y el objeto es la mitad de la distancia que ha recorrido la señal y se calcula:

$$d = \frac{1}{2} ct$$

donde d es la distancia al objeto, c es la velocidad del sonido en el aire, y t es el tiempo que tarda la señal desde que se emite hasta que se recibe. La velocidad del sonido depende de la temperatura y se calcula aproximadamente:

$$E.1 \quad c = c_0 + 0.6T \text{ m/s}$$

donde T viene dado en grados Celsius y c_0 es 331 m/s.

Este tipo de sensores tiene unas limitaciones que son necesarias conocer a la hora de poderlos utilizar:

- La velocidad del sonido es variable: la ecuación E.1 es una aproximación, ya que la velocidad del sonido también viene afectada por la densidad del aire, la humedad y la concentración de polvo en el aire. En entornos típicos la velocidad de la luz puede variar un 2% de un lugar a otro.
- El tiempo en blanco (*blanking time*): es necesario guardar un pequeño tiempo desde que se emite hasta que se prepara al receptor para recibir, con el objetivo de que no se vea influenciado por la onda que sale del emisor. Este tiempo se denomina tiempo en blanco, y generalmente limita la medida mínima de distancia de 3 a 15 cm dependiendo de la potencia de la señal emitida.
- La atenuación: la onda ultrasónica que sale del emisor se va dispersando y atenuando según avanza en el medio, de manera que cuanto más tarda el eco en llegar al receptor, más débil se espera que sea. Otro factor que influye en la amplitud del eco es la superficie del objeto. Si se calcula la distancia a un objeto por el tiempo de vuelo de la señal, esta limitación no influye más que en la distancia máxima que se quiere llegar a medir.
- El ángulo de medida (*field of view*). La señal emitida tiene un perfil de amplitudes complejo, como se muestra en la Figura 1.a. Por ello, un eco que vuelve no necesariamente permite calcular de forma precisa la localización del objeto usando simplemente el tiempo de vuelo de la señal, ya que el eco puede provenir de cualquier lugar del espacio que se encuentre en el frente de onda ultrasónico, ver Figura 1.b. La frecuencia de la onda que se emite suele ser de unos 40-50kHz. Cuanto mayor sea la frecuencia más direccional es la onda, pero se atenúa más.

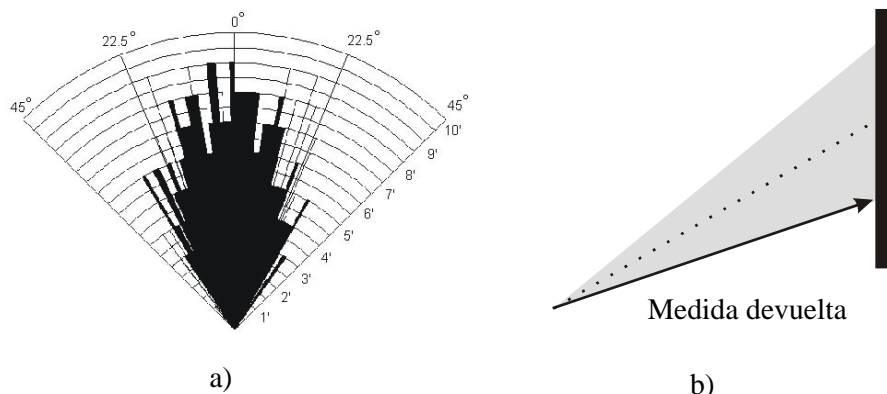


Figura 1: Efectos del ángulo de medida

- Las reflexiones: son el impedimento más serio para poder detectar la posición de un objeto a partir del eco que se recibe. A frecuencias ultrasónicas, la superficie de la mayoría de los objetos reflejan la onda, de manera que una onda acústica que incida de forma muy oblicua en un objeto, se refleja en una dirección diferente a la de retorno hacia el receptor, ver Figura 2. Si se recibe un eco, no se puede asegurar que el eco sea un resultado de una serie de complejas reflexiones por el entorno.

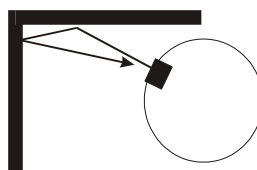


Figura 2: Efecto de la reflexión

- *Cross-Talk*: se produce si el eco generado por un sensor es recibido por otro que en ese momento está midiendo, como se muestra en la Figura 3. Este problema se evita dejando un tiempo entre las medidas de dos sensores de ultrasonido diferentes.

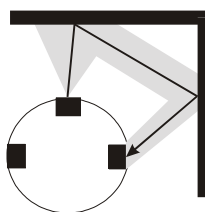


Figura 3: Efecto cross-talk

Si se analiza la potencia de la onda emitida, cuando mayor sea mayores distancias se pueden medir, más problemas existen con las reflexiones y la distancia mínima de medida es mayor. Si la potencia de la onda emitida es pequeña, se reducen las reflexiones, la distancia máxima de medida y la distancia mínima de medida.

De todas las restricciones comentadas, las más importantes son la variación de la velocidad del sonido, las reflexiones y el ángulo de medida.

4.2 Descripción y Funcionamiento

El módulo SRF04 consiste en un medidor ultrasónico de distancias de bajo costo desarrollado por la firma DEVANTECH Ltd. (<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>) Emplea un microcontrolador PIC12C508 que realiza las funciones de control y dos cápsulas ultrasónicas de 40 KHz. Se muestra en la Figura 5.

El rango de medidas es desde unos 3 cm hasta unos 3 m aproximadamente. Medidas por debajo de los 3 cm provocan una serie de errores derivados del acoplamiento entre las propias cápsulas emisor-receptor del módulo. En este caso es muy difícil distinguir si la señal recibida es consecuencia de dicho acoplamiento o del eco recibido. Tal y como se muestra en el diagrama de tiempos de la Figura 4, el modo de empleo es muy sencillo:

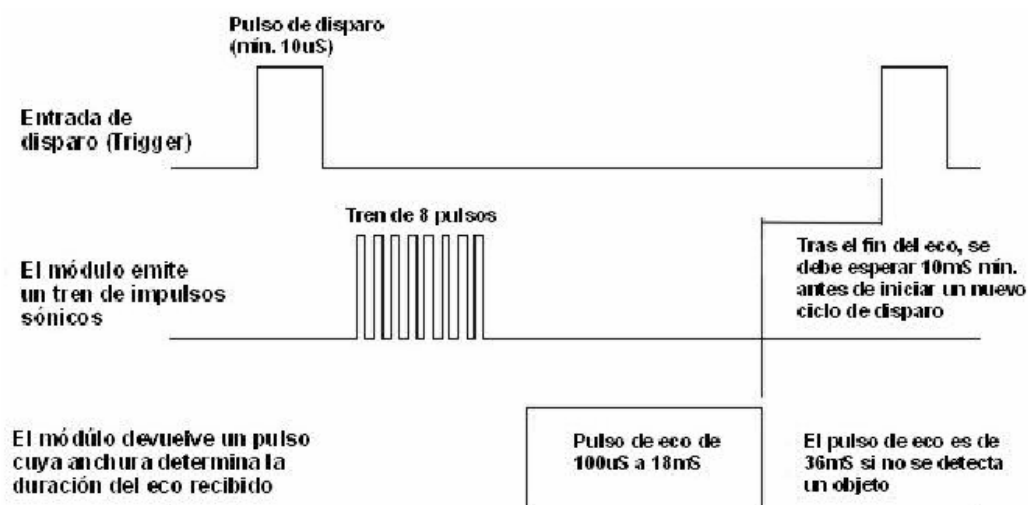


Figura 4: Diagrama de tiempos del SRF04



Figura 5: Sensor SRF04

Externamente se aplica, por parte del usuario, un pulso de disparo o trigger. Se inicia la secuencia. El módulo transmite un tren de pulsos o “burst” de 8 ciclos a 40 KHz. En ese momento la señal de salida ECO pasa a nivel ‘1’. Cuando la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto (eco), esta salida pasa de nuevo a nivel ‘0’. El usuario debe medir la duración del pulso de esta señal, es decir, el tiempo en que la señal eco se mantiene a ‘1’. Con objeto de que el módulo se estabilice, se debe dejar un lapsus de tiempo mínimo de unos 10 ms. entre el momento en que la señal de eco pasa a ‘0’ y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo o medida. La duración del pulso eco de salida varía entre 100 µs. y 18 ms., en función de la distancia entre las

cápsulas del módulo y el objeto. La velocidad del sonido es de 29.15 $\mu\text{s./cm.}$ que, como realiza un recorrido de ida y vuelta, queda establecida en 58.30 $\mu\text{s./cm.}$ Así pues el rango mínimo que se puede medir es de 1.7 cm. (100 $\mu\text{s. / 58.3 \mu\text{s./cm.}$) y el máximo de 310 cm. (18 ms. / 58.3 $\mu\text{s./cm.}$).

4.3 Características Técnicas

En la Tabla 1 se resumen las características técnicas del medidor ultrasónico:

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensiones del circuito	43 x 20 x 17	mm
Tensión de Alimentación	5	V (corriente continua)
Frecuencia de Trabajo	40	KHz
Rango Máximo	3	m
Rango Mínimo	3	cm
Duración mínima del Pulso de Disparo (nivel TTL)	10	μs
Duración del pulso Eco de Salida (nivel TTL)	100 – 18000	μs
Tiempo Mínimo de Espera entre una Medida y la Siguiente	10	ms

Tabla 1: Características Técnicas del SRF04

4.4 Conexión del sensor

El módulo emplea tan sólo 4 conexiones que se pueden realizar soldando directamente 4 cables o bien mediante un conector de 5 vías. Éstas se muestran en la Figura 6 y Figura 7.

+5Vcc	Tensión positiva de alimentación
ECO	Salida del pulso cuya anchura determina el tiempo del recorrido de la señal ultrasónica
Disparo	Entrada de inicio de una nueva medida. Se aplica un pulso con una duración mínima de 10Ms
N.C.	Línea sin conexión. Se emplea en la fase de fabricación y comprobación del propio módulo. No conectar nada.
GND	Tierra de alimentación.

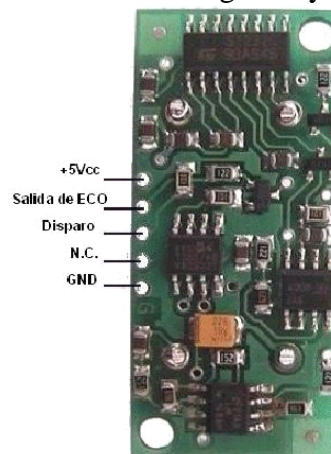


Figura 6: Esquema de conexión del SRF04. Vista parte posterior

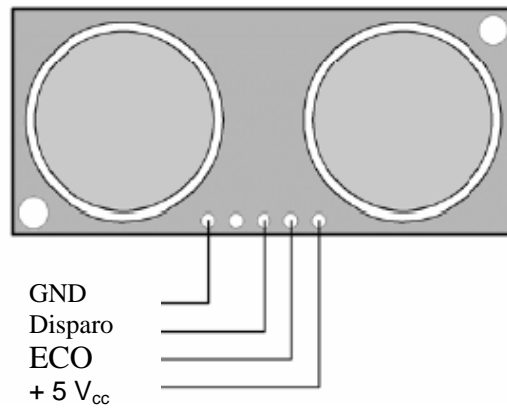


Figura 7: Esquema de conexión del SRF04. Vista parte anterior

Para conectar el sensor a la tarjeta del laboratorio basta con situarlo como indica la Figura 8 y Figura 9.

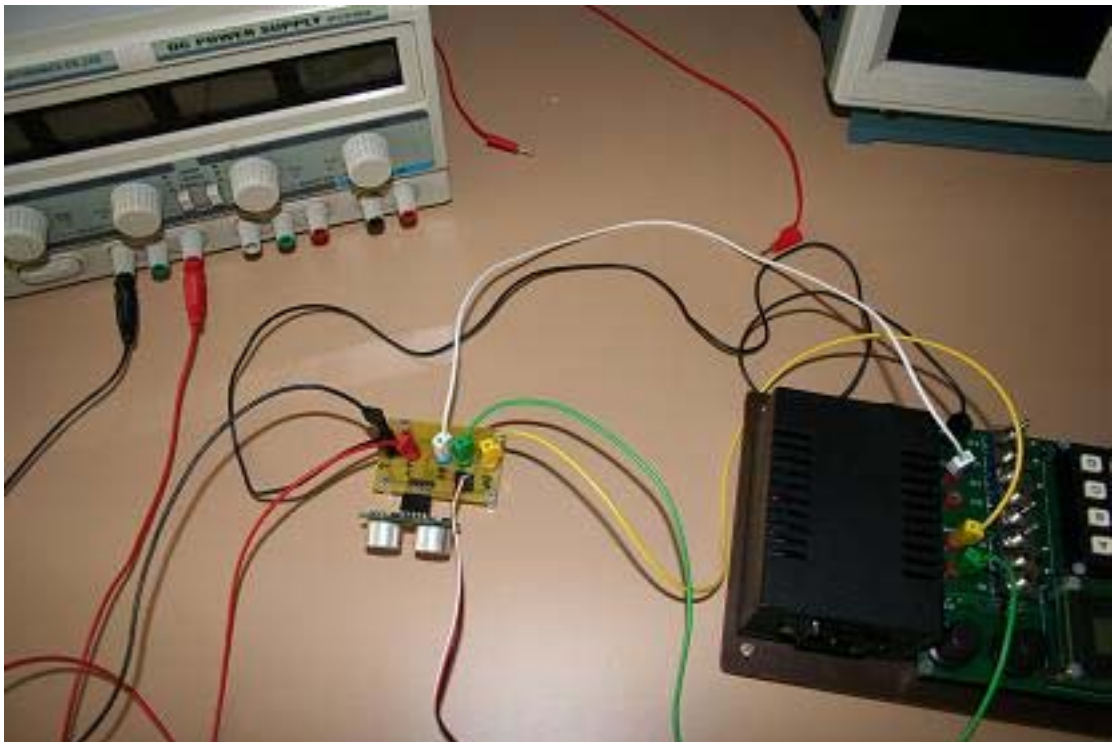


Figura 8: Conexión del sensor SRF04 con la tarjeta del laboratorio

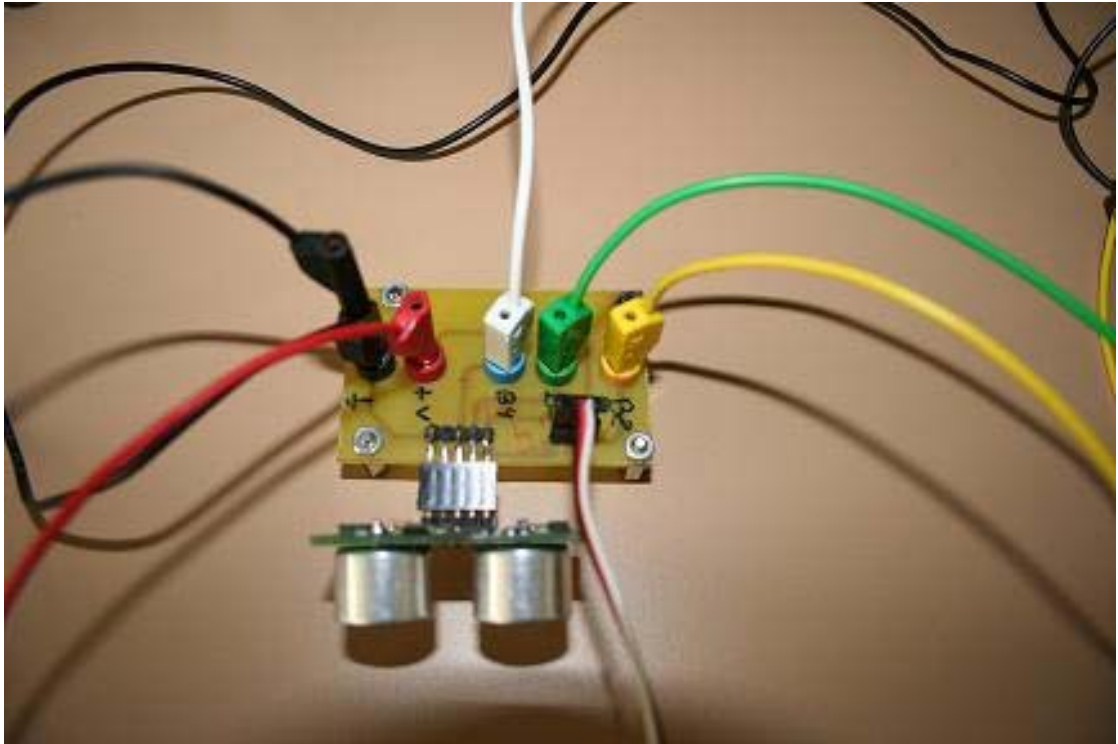


Figura 9: Conexión del sensor SRF04 con la tarjeta del laboratorio

5 Plantilla de propuesta de proyecto

En esta sección se describe una posible plantilla de proyecto, que puede servir como guía para redactar la que se tiene que entregar antes de ejecutar el proyecto:

- 1. Especificación del proyecto:** escribir la especificación. Deben quedar claros los objetivos a cumplir, perfectamente cuantificados y delimitados. Un objetivo está bien definido cuando se sabe perfectamente cuando se ha cumplido.
- 2. Diseño hardware:** como se muestra en la figura ...

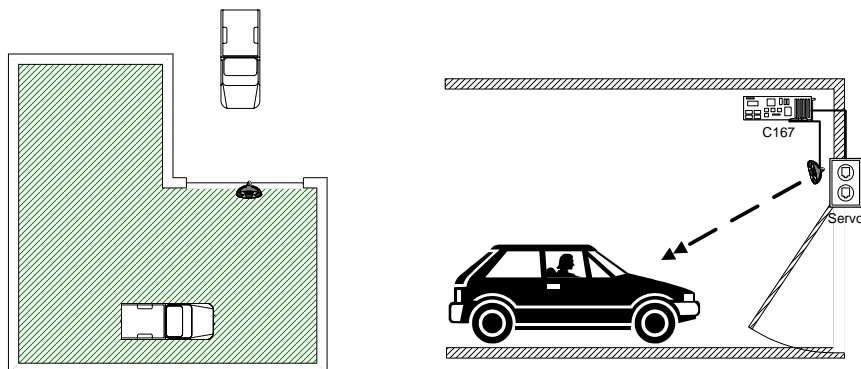


Figura 10: Esquema de funcionamiento e instalación

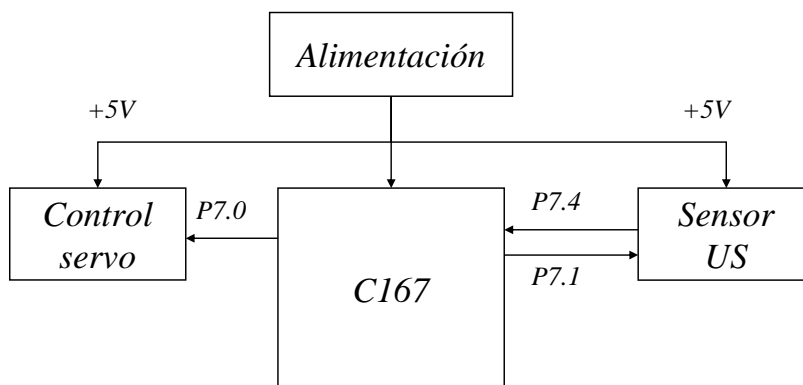


Figura 11: Conexión eléctrica

3. **Diseño software:** como se muestra en la figura ... Se trata por interrupción ...

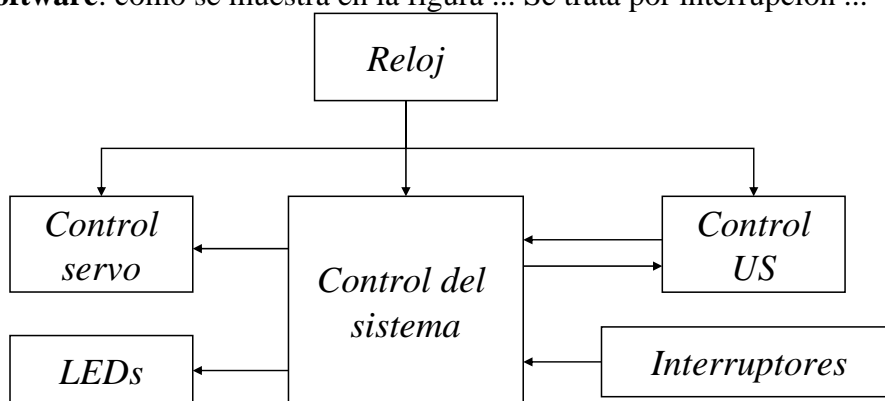


Figura 12: Esquema software del sistema

4. **Planificación:** A continuación se describen cada una de las tareas de las que se compone el proyecto:

- Estudio del sensor ultrasónico: consiste en ...
- Generación de trigger para SRF04: consiste en ...
- ...

En la tabla siguiente se muestra un cronograma de tareas:

Tarea	Persona	1ª sem	2ª sem	3ª sem
Estudio del sensor ultrasónico	Fulanito			
Generación de trigger para SRF04	Menganito			
.....				