

Descripción del Proyecto

Diseño de un sónar ultrasónico

Sistemas Electrónicos Digitales

(V. 14-09-2019)

Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2019/20

Curso 3º – Cuatrimestre 1º

1 Introducción

En este documento se presentan las especificaciones del proyecto de laboratorio del curso 2019/20 de la asignatura Sistemas Electrónicos Digitales, y algunas consideraciones sobre el material complementario y sobre la documentación técnica a presentar.

2 Descripción general del proyecto

Se propone diseñar un sistema empotrado basado en el microcontrolador LPC1768 (Cortex-M3) que implemente un sónar ultrasónico capaz de extraer las medidas de distancia a los objetos próximos, en un plano y sobre un entorno de 180°, con posibilidad de ser controlado de forma manual a través de unos pulsadores y mediante un ordenador con cualquier programa terminal serie. Opcionalmente se podrá configurar y controlar de forma inalámbrica desde un Smartphone mediante una conexión Bluetooth utilizando cualquier aplicación Bluetooth terminal serie.

El sistema además tendrá un modo de funcionamiento como detector de obstáculos en el que se podrá configurar un umbral de detección de manera que ante la presencia emitirá, a través de un pequeño altavoz, un tono cuya frecuencia será proporcional a la distancia de detección.

El diagrama de bloques del sistema se representa en la Figura 1.

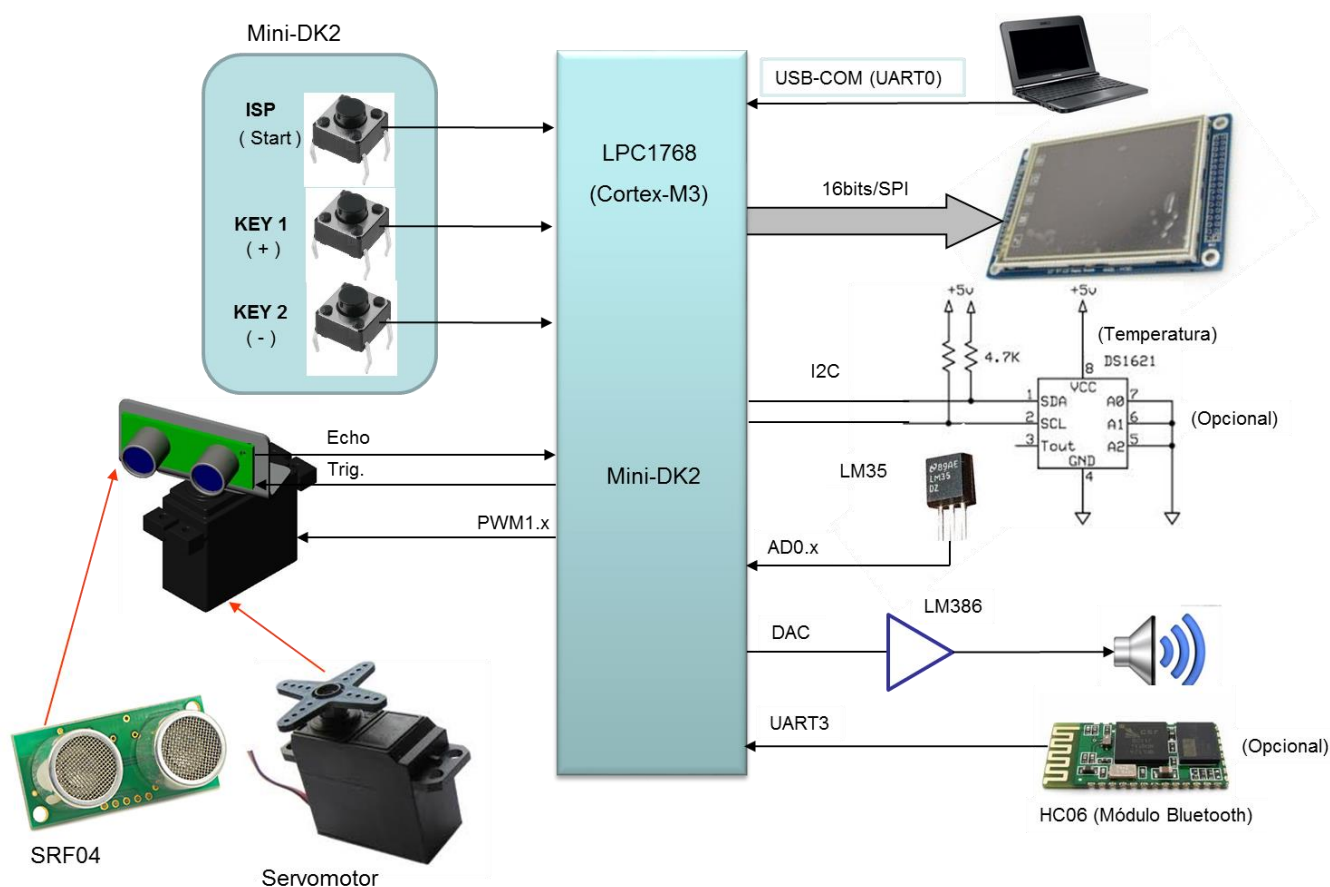


Figura 1. Diagrama de bloques del sónar ultrasónico

3 Especificaciones del sistema

El sistema ha de cumplir con las siguientes especificaciones básicas:

- Cada vez que comience a funcionar mostrará un mensaje en el LCD al que deberemos responder:

Elija el modo de funcionamiento:

Key 1: Offline

Key 2: Online

En el modo de funcionamiento *Offline* el sistema será íntegramente controlado mediante sus pulsadores, sin depender de conexión alguna con el PC o teléfono móvil. En el modo de funcionamiento *Online* el control se realizará únicamente a través de la comunicación serie con un PC o un *Smartphone*. En ambos modos de funcionamiento existirán las siguientes tres opciones de operación, que se mostrarán en el LCD de la MiniDK2 (*Offline*) o en la pantalla del terminal (*Online*), para que el usuario responda con diversos pulsadores de la MiniDK2 (*Offline*) o del teclado del terminal (*Online*):

1. **Manual.** Con esta opción se controla la posición del servo mediante los pulsadores Key 1 y Key 2 (modo *Offline*) o las teclas '+' y '-' (modo *Online*), de manera que su pulsación provocará el giro de su posición en incrementos de 10 grados a izquierdas y derechas respectivamente. Cuando se alcance la posición deseada bastará con actuar sobre el pulsador ISP (modo *Offline*) de la Mini-DK2 o pulsando la tecla "S" seguido de [Enter] (modo *Online*) para realizar una medida. Si se habilita el modo en que se realicen medidas continuas, a su vez dentro del menú del *modo manual*, la pulsación de ISP o "S" seguido de [Enter] iniciará el proceso. La medida de distancia (en cm) en este caso se mostrará y actualizará en el display de la Mini-DK2 cada 0.5s, independientemente del modo *Offline/Online* elegido. En modo *Online* también se mostrará dicha medida y con la misma latencia de su actualización en la pantalla del terminal móvil en formato ASCII.
2. **Barrido automático.** Con esta opción el sónar irá haciendo el barrido (0-180º) con una determinada resolución (ej. 10 grados) y con intervalos regulares de 0,5 segundos, a medida que va haciendo medidas en cada posición y mostrándolas sobre el LCD. Si nos encontramos en modo *Online* también se mostrarán las medidas en formato ASCII en la pantalla del terminal móvil.
3. **Detección de obstáculos.** Con esta tercera opción se deberán detectar los obstáculos en una determinada dirección y en una distancia configurable entre 30cm y 300cm. **Nota:** Por defecto, el sistema arrancará configurado con un umbral de detección de 1 metro.
 - Al detectar un obstáculo se emitirá a través de un pequeño altavoz un tono de frecuencia dependiente del umbral de detección programado, según la siguiente expresión:
$$\text{Frecuencia[Hz]} = 5000 - \text{Umbral[cm]} \times 10$$
 - **Opcional:** Reproducción de un mensaje de audio previamente grabado en memoria (p.ej. "Stop" u "Objeto") al detectar el obstáculo.

Considere conectar algún pulsador adicional externo a la MiniDK2 si lo considera necesario.

Mediante la interfaz serie, usando la UART0 y modo *Online*, se diseñará un menú de opciones que permita básicamente las mismas posibilidades que en modo *Offline*, junto a la posibilidad de

configurar algún parámetro de control adicional (como la resolución del modo automático y la distancia de detección de obstáculos), y visualizar las medidas obtenidas en formato ASCII.

- **Opcional:** Control del sistema mediante un *Smartphone* con una conexión Bluetooth. En este caso conectar a través de la UART3 el módulo Bluetooth.

Nota: considerar en todos los casos la variación de la velocidad del sonido con la temperatura.

4 Referencia de dispositivos

4.1 Medidor de distancia SRF04. (Fuente inf.: www.superrobotica.com)

El módulo SRF04 (Figura 2) es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 3 a 300 cm. El sensor funciona por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es tan sencillo como enviar el pulso de arranque y medir la anchura del pulso de retorno.

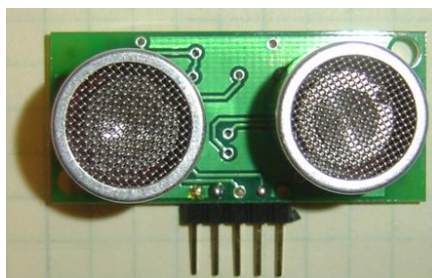


Figura 2. Aspecto del sensor SRF04

Funcionamiento

El sensor SRF04 funciona emitiendo impulsos de ultrasonidos inaudibles para el oído humano. Los impulsos emitidos por el emisor viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonidos. Lo que hace el controlador incorporado al recibir una señal de disparo, es excitar el transductor emisor con una ráfaga de impulsos (8 ciclos de 40kHz) y a continuación empieza a contar el tiempo que tarda en llegar el eco. Este tiempo se traduce en un pulso de eco de anchura proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto (Figura 3) relacionado con el tiempo de ida y vuelta de la señal ultrasónica.

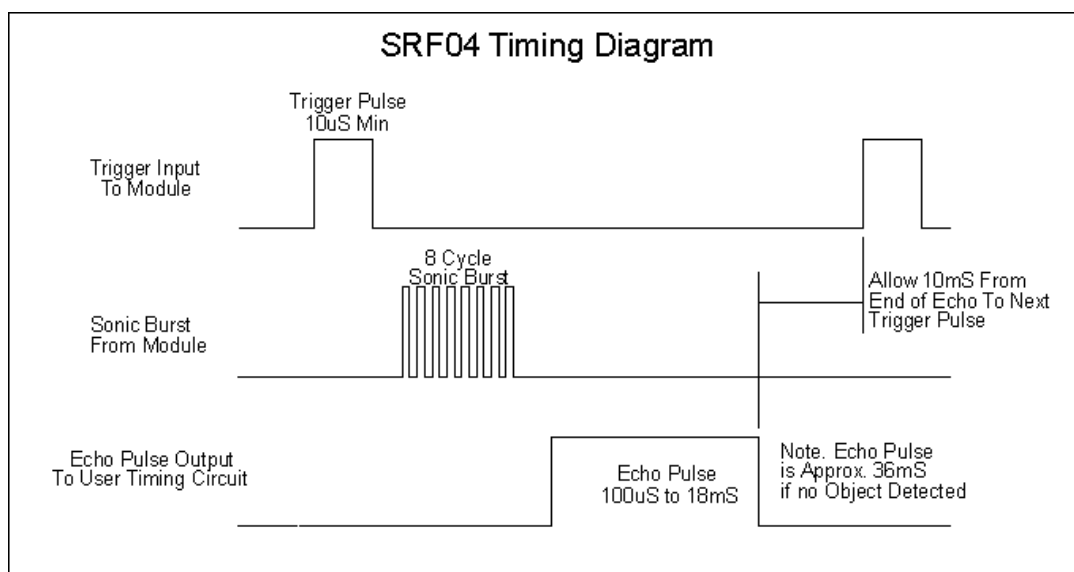


Figura 3. Diagrama de tiempos del sensor SRF04.

Desde un punto de vista práctico, lo que hay que hacer es activar el dispositivo con un pulso de disparo a nivel alto en el pin 3 del SRF04 y después leer la anchura del impulso que nos proporciona en el pin 2. El pulso de disparo tiene que tener una anchura mínima de 10 μ S. Tras el disparo se inicia la medida siendo la duración del pulso de salida del eco el tiempo de ida y vuelta de la señal ultrasónica en caso de que encuentre un obstáculo. En caso de que no se produzca ningún eco, porque no se encuentra un objeto, el pulso de eco tiene una longitud aproximada de 36 ms. Para garantizar un correcto funcionamiento del sensor es necesario dejar que transcurran al menos 10 ms entre dos medidas consecutivas. En la Figura 4 se muestran las características del sensor y los pines de conexión.

Tensión	5V
Consumo	30 mA Tip. 50mA Max.
Frecuencia:	40 Khz.
Distancia Mínima:	3 cm.
Distancia Máxima:	300 cm.
Sensibilidad:	Detecta un palo de escoba a 3 m.
Pulso de Disparo	10 μ S min. TTL
Pulso de Eco:	100 μ S - 18 mS
Retardo entre pulsos:	10 mS Mínimo
Pulso de Eco:	100 μ S - 18 mS
Tamaño:	43 x 20 x 17 mm
Peso:	10 gr.



Figura 4. Características y conexionado del SRF04.

Aplicaciones

Las aplicaciones del medidor SRF04 son múltiples, pero sobre todas ellas, destaca su utilización como detector de obstáculos en robots con navegación autónoma, es decir, en aquellos robots que se mueven encontrando el camino a seguir y sorteando obstáculos. En los robots de pequeño tamaño, es suficiente con un solo detector, ya que su cono de detección de unos 30 grados es suficiente para cubrir el frontal del robot. La Figura 5 muestra un ejemplo práctico de un diagrama de distancias tras realizar un barrido de 90°.

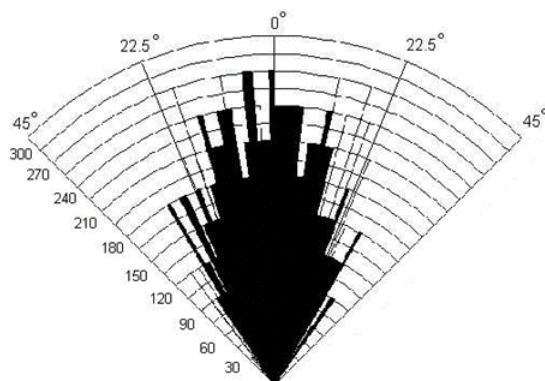


Figura 5. Ejemplo de un diagrama de distancias tras realizar un barrido de 90°.

En las plataformas de mayor tamaño, son necesarias varias unidades para cubrir de una forma segura todo el perímetro. Una posible alternativa al uso de varios sensores consiste en montar el sensor en un

servo y moverlo barriendo un margen de 180 grados mientras se efectúan varias mediciones a modo de sonar.

Referencias:

<https://es.aliexpress.com/item/32520979753.html?>

4.2 Servomotor (Fuente inf.: www.superrobotica.com)

Los servomotores son sin duda uno de los dispositivos más útiles para cualquier aficionado a la robótica, ya que permiten crear toda clase movimientos de una forma controlada.

El término servo, también se conocido como servomotor, hace referencia a un sistema compuesto por un motor eléctrico, un sistema de control que actúa sobre el motor a partir de un sensor que controla la posición del motor. En la Figura 6 se muestran diversos tipos o modelos de servos.



Figura 6. Diversos modelos de servos

Los servomotores que se emplean en los proyectos de robótica personal son un tipo de servomotor muy específico que se basan en los mismos principios que los servos industriales, pero con grandes diferencias en cuanto al control y al movimiento que producen y sobre todo al coste de los mismos. De ahora en adelante, la exposición se centrará en este tipo de servos.

Los servos RC (Radio-Control) se inventaron para utilizarse como elementos de control en modelos teledirigidos. El hecho de que el servomotor se controle vía radio, ha sido decisivo a la hora de establecer la forma de controlarlos. Había que buscar la forma de enviar una señal vía radio que controlara el movimiento del servo y además había que mandar varias señales a la vez, ya que la mayoría de los coches y aviones necesitan varios servos para ser controlado.

Para solventar esta problemática, lo que se ha hecho es crear un sistema de control basado en el ancho de un pulso para controlar la posición del motor. Este pulso que normalmente es de 1,5 ms mantiene el servo en la posición centrada (Figura 7). Si el pulso es más corto, por ejemplo 0,9 ms el servo gira a la izquierda, si el pulso es mayor, por ejemplo 2,1 ms, el servo gira a la derecha. El movimiento del servo, por tanto, es proporcional a la anchura del pulso que se le aplica (Figura 8). En definitiva, el control se realiza mediante una modulación en PWM. Otra particularidad que tiene este pulso es su frecuencia de refresco, que en este caso suele ser de 50-60 HZ, lo que equivale a mandar un pulso periódicamente cada 15-20 ms. no siendo crítico el tiempo en que la señal de control está a nivel bajo.



Figura 7. Señal periódica de control de un servo para mantenerlo centrado



Figura 8. Relación entre el ancho del pulso de control y la posición del servo.

Los servos modernos dejan de controlar el motor, tan pronto como se dejan de mandar los pulsos de control. Por eso, es necesario enviar de forma periódica los pulsos de control con una frecuencia de 50-60Hz, con un margen del 20 % aproximadamente.

Otra particularidad que tienen los servos de radio control es que su movimiento está limitado en la mayoría de los casos a 180 grados. En los sistemas originales controlados vía radio, el rango de movimiento es de 90 grados, es decir 45 grados hacia cada lado desde la posición central ya que el ancho del pulso va desde los 900 a los 2100 microsegundos. Esto es suficiente para mover los diferentes mandos de los modelos, como son el timón, la dirección, el acelerador, etc. En la práctica, el 95% de los servos trabajan con pulsos entre los 500 y los 2500 microsegundos, consiguiendo movimientos de 180-190 grados aunque todo esto varía ligeramente por arriba y por abajo según diferentes modelos y fabricantes.

Esta limitación en el movimiento tuvo como consecuencia que el sistema sensor de la posición se pudiera reducir a un simple potenciómetro, lo que simplificaba el servo desde el punto de vista eléctrico y además abarata su coste y su peso. El potenciómetro se encuentra conectado mecánicamente al eje de salida del servo de forma los dos se mueven a la vez (Figura 9). De ahí la dificultad de hacer que un servo gire más de 270 grados, ya que mecánicamente está limitado por el giro del potenciómetro. No obstante existen

mecanismos para trucar el servo y permitir que gire 360° para ser tratados como un motor de continua, y permitir por ejemplo, actuar como motores de tracción de las ruedas en un robot.

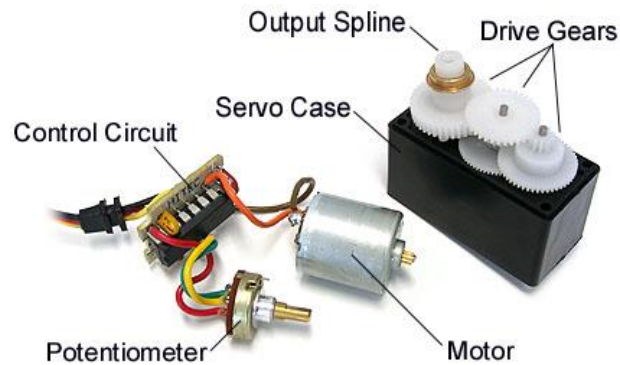


Figura 9. Despiece de un servo

La mayoría de los servos funcionan con tensiones comprendidas entre los 4,8V y los 6V siendo 6 V la tensión máxima recomendada y en la que se obtiene más potencia, rendimiento y velocidad. Algunos servos admiten hasta 7,2V, pero no es lo habitual y puede dañar los servos, por lo que es necesario asegurarse antes de emplear esta tensión.

Tipos de servos

Hasta hace muy poco tiempo la única clasificación que había de los servos era la relativa a su tamaño. Todos los servos funcionaban de la misma forma y lo único que los diferenciaba era el tamaño de los mismos. Dentro de esta clasificación están los servos estándar que incluye a la mayoría de los servos y que se trata de servos cuyas medidas son 40 x 20 x 37 mm. Las medidas varían en algunas décimas de unos modelos a otros, pero en general las medidas de los orificios de fijación coinciden en casi todos los modelos, lo que ha permitido crear soportes y fijaciones universales que pueden utilizarse con la mayoría de los servos (Figura 10).

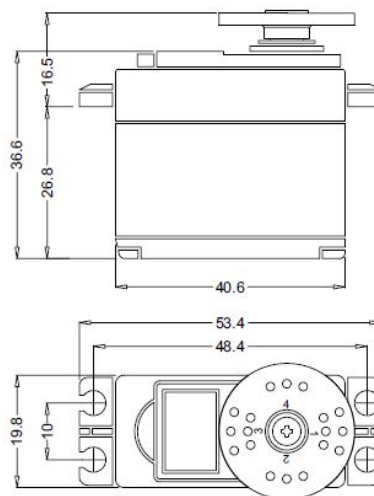


Figura 10. Medidas de un servo estándar (Futaba 3003)

Una característica de los servos estándar es la posición del eje de salida, si bien las medidas de la altura del servo pueden variar de un modelo a otro, la distancia entre las fijaciones y el plato del servo suele ser muy parecida en la mayoría de los modelos.

Los servos de menor tamaño pueden ser de diferentes tipos y tamaños, sin que exista un estándar definido. En principio los servos de menor tamaño se empleaban sobre todo en los aviones, en donde el peso y el tamaño son muy críticos.

Hay un caso muy concreto en los servos que se emplean para los trenes de aterrizaje, por un lado tienen que girar 90 grados y por otro tienen que ser muy pequeños, ya que en la mayoría de los casos van alojados en las alas, donde el espacio es muy reducido. En robótica los servos pequeños se emplean sobre todo en las pinzas de los robots, ya que proporcionan la fuerza necesaria para mover la pinza con el mínimo peso. Otra aplicación es la construcción de robots miniaturas en la que los servos estándar son demasiado grandes. Dentro de los servos miniaturas se encuentran hoy en día muchos tamaños desde los mini, los ultramini y los micros servos con apenas 8 gramos de peso (Figura 11). Su rango de potencia está entre los 0,5 kg. y los 3,5 kg.



Figura 11. Aspecto externo de un micro-servo (9gr.)

Hasta hace muy poco, todos los servos eran analógicos, es decir que se basaban en un circuito electrónico cuyo control es completamente analógico, basado en comparadores y amplificadores operacionales o circuitos diseñados específicamente.

En cambio, con la aparición de los servos digitales, se han conseguido grandes avances tanto en prestaciones, como en posibilidades de control. En principio, los servos digitales funcionan y se controlan de la misma forma que los analógicos, hasta el punto que se pueden sustituir unos y otros sin ningún problema. La mejora del rendimiento se produce sobre todo por el hecho de que la electrónica de control utiliza un microcontrolador. Además, el microcontrolador permite programar algunos parámetros como la posición central, el recorrido, la zona neutra, etc.

Una característica diferenciadora entre los servos, es la relativa al eje de salida. Durante muchos años el mercado estuvo liderado por dos marcas. Una japonesa *Futaba* y la otra coreana *Hitec* que tenían modelos muy similares y cuya principal diferencia eran las estrías del eje de salida que son incompatibles entre si. Esto ha provocado que a la hora de crear accesorios, fijaciones, platos, etc, para los servos, es necesario distinguir entre los servos tipo *Futaba* y los servos *Hitec*, ya que básicamente son los dos estándares del mercado y que se diferencian principalmente en el número de estrías.

Otra diferencia, aunque menor, está en los conectores eléctricos de los servos. La mayoría de los conectores utilizan un sistema de 3 hilos acabados en un conector con separación entre pines de 0,1 pulgadas (2,54 mm) que encajan sin problemas en los conectores tipo poste que tienen los circuitos de control de servos. En cuanto a las conexiones eléctricas, casi todos los servos disponen de las mismas señales: negativo, alimentación y señal de control, aunque también hay excepciones como los servos *Airtronics*. La única diferencia entre fabricantes es el color de los cables utilizado para cada tipo de señal, tal y como se muestra en los ejemplos de la Figura 12.

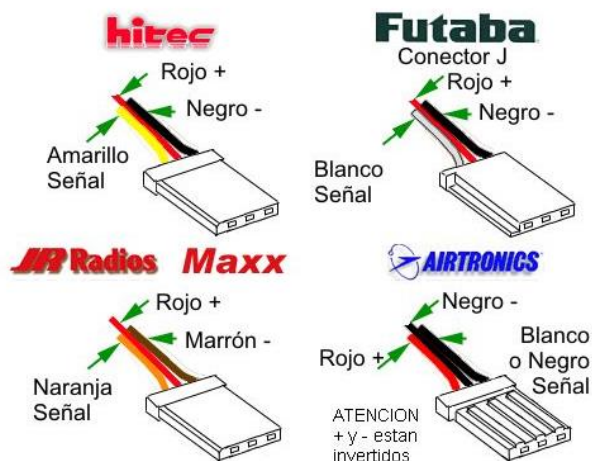


Figura 12. Detalle de los conectores de los servos según el fabricante

Referencias:

<https://es.aliexpress.com/item/32961322401.html?>

4.3 Sensor de temperatura LM35

Se trata de un sensor analógico que proporciona una variación lineal de su tensión de salida en función de la temperatura ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$) para un rango entre comprendido entre -55°C y 150°C . Requiere de una alimentación entre 4 y 30V. La Figura 13 muestra su aspecto y el diagrama de conexión.

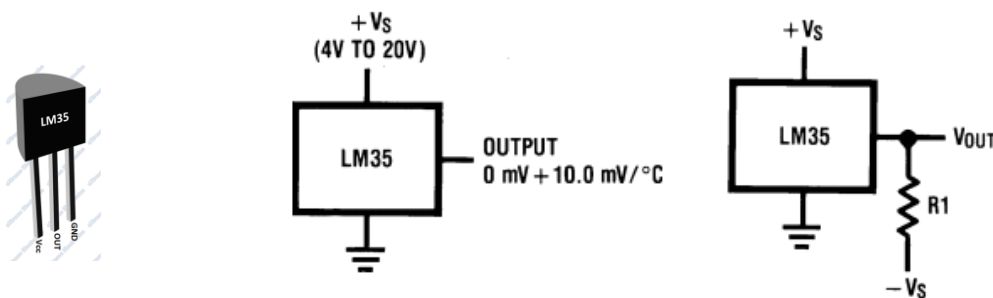


Figura 13. Aspecto y diagrama de conexión del sensor de temperatura LM35

Para la medida de temperaturas negativas se hace necesaria una resistencia externa, además de una alimentación negativa.

Otro sensor equivalente que requiere una menor tensión de alimentación es el TC1047A (Figura 14) de la firma *Microchip* (2.5V-5.5V). Proporciona una salida lineal con la temperatura (10mV/°C) con valores positivos en todo su rango de medida (100mV a -40°C, 500mV a 0°C y 1.75V a 125°C). La única pega es que se fabrica sólo en encapsulado SMD, lo que puede dificultar su montaje si no se dispone de los medios necesarios.

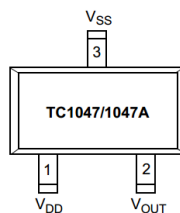


Figura 14. Encapsulado del sensor de temperatura TC1047A

4.4 Sensor de temperatura DS1621 (opcional)

Se trata de un termómetro-termostato digital que proporciona lecturas de temperatura en formato de 9 bits (en complemento a dos) para un rango entre -55°C y +125°C, con una resolución de 0.5°C. Para su funcionamiento como termostato, dispone de una salida de alarma térmica T_{OUT} , que se activa cuando la temperatura del dispositivo supera una temperatura T_H definida por el usuario. La salida permanece activa hasta que la temperatura desciende por debajo de otro valor T_L , lo que permite configurar la histéresis necesaria. La Figura 15 muestra el encapsulado del chip.

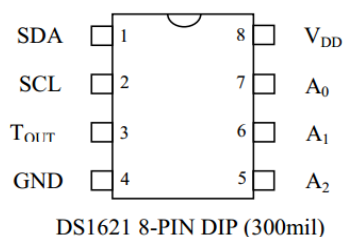


Figura 15. Encapsulado del termómetro-termostato DS1621

La comunicación con el dispositivo se realiza mediante una interfaz I2C, pudiéndose conectar hasta 8 dispositivos distintos, mediante la asignación de 8 direcciones de dispositivo a través de tres pines externos (A0-A1-A2).

Una serie de comandos permiten configurar determinados parámetros y acceder a los registros internos relacionados con el termómetro y el termostato.

Referencias:

<https://es.aliexpress.com/item/33023168635.html?>

4.5 Amplificador de Audio y altavoz

Para reproducir una señal de alarma acústica ante la presencia de un obstáculo, es necesario generar una señal senoidal (un tono) que excite un altavoz. Esta forma de onda se puede generar fácilmente mediante un DAC (p.ej. el incluido en el microcontrolador) pero esta salida no tendrá la potencia suficiente para excitar el altavoz, por lo que será necesario amplificar en corriente la señal procedente del DAC .

Para ello se puede utilizar un amplificador operacional que disponga de un ancho de banda suficiente y sea capaz de proporcionar la suficiente corriente de salida para atacar a un altavoz con una baja impedancia (4 u 8 Ω típicamente). Una alternativa interesante es el uso de amplificadores de audio como el LM386. Además, existen módulos PCB que incorporan este chip, como el mostrado en la Figura 16, que facilitan el montaje.

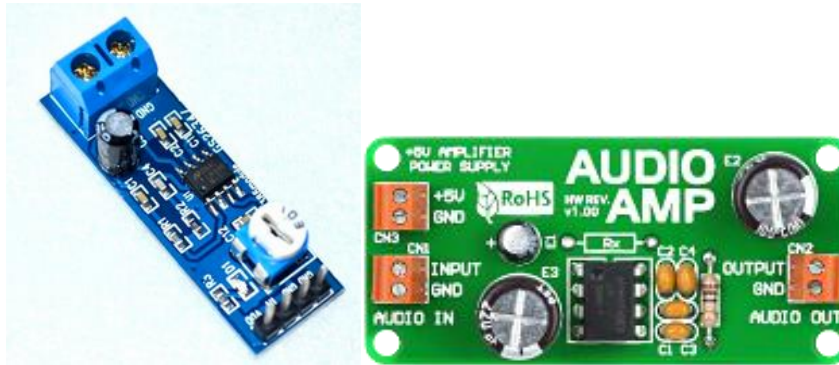


Figura 16. Módulos PCB de amplificación de audio basados en el LM386.

Otro tipo de amplificador, en este caso estéreo, y que por su bajo coste y rendimiento puede servirnos para atacar a un pequeño altavoz es el PAM8403. Existen pequeños PCBs en los que viene ya montado para facilitar el montaje, pues se trata de un chip de montaje superficial o SMD. En la Figura 17 se muestra un ejemplo de tarjeta con este amplificador.



Figura 17. Módulo PCB de amplificación de audio basado en el PAM8403.

Referencias:

<http://es.aliexpress.com/item/LM386-Audio-Amplifier-Module-200-Times-5V-12V-Input-10K-Adjustable-Resistance-Free-Shipping-Dropshipping/32309358126.html>

<https://es.aliexpress.com/item/32878308762.html?>

4.6 Módulo de visualización (HY28A/B)

El módulo de visualización HY28A/B está formado por un display gráfico TFT de color de 2.8" táctil y con una resolución de 320x240 pixels basado en el controlador ILI9320/5.

El módulo se vende montado sobre un PCB que incorpora los circuitos de la interfaz táctil (XPT2046) y del "backlight", e incorpora dos conectores de 20 pines.

Existen 3 versiones de este módulo en función de que su control se realice en formato paralelo de 16 bits, a través de una interfaz SPI, o con un módulo que permite configurar por hardware el tipo de interfaz (HY28B). La principal diferencia entre utilizar un control SPI o paralelo está en el número de pines del microcontrolador que son necesarios en cada caso y en la velocidad de refresco de información, siendo la interfaz SPI la que menos pines requiere, pero la más lenta.

La tarjeta Mini-DK2 incorpora los 2 conectores hembra donde conectar este módulo LCD diseñado específicamente para ésta. El aspecto del módulo HY28A y el diagrama de su conexión con la tarjeta Mini-DK2 se muestran en la Figura 18.

Referencias:

http://www.hotmcu.com/28-touch-screen-tft-lcd-with-all-interface-p-63.html?cPath=6_16

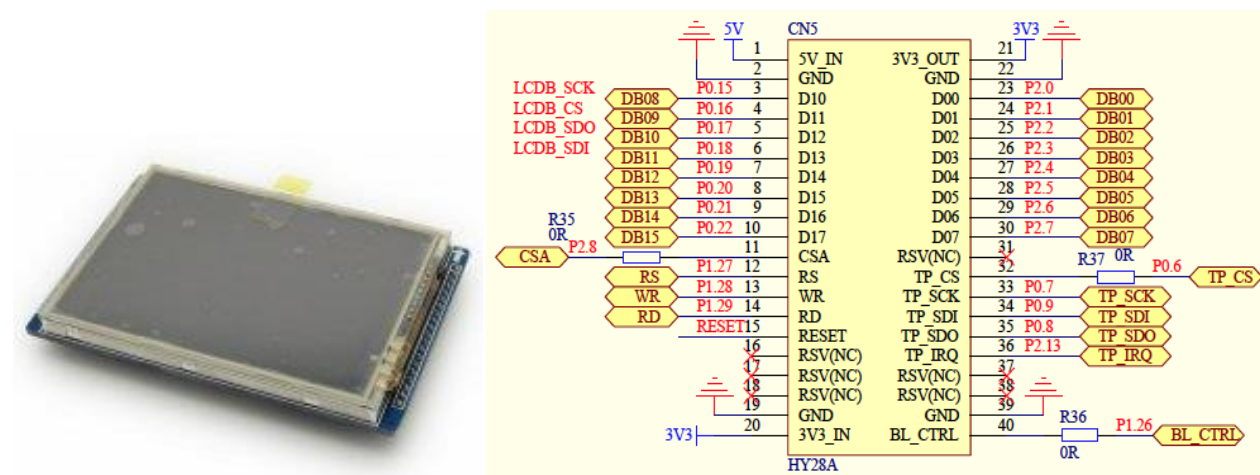


Figura 18. Aspecto del módulo LCD HY28A/B y diagrama de conexión con la tarjeta Mini-DK2.

4.7 Adaptador Bluetooth serie HC06 (opcional)

El módulo HC06 (o HC05) es muy utilizado para proporcionar conectividad Bluetooth a un microcontrolador a través de uno de sus puertos serie asíncronos (Figura 19). El módulo tiene dos modos de funcionamiento, uno de configuración y otro de transmisión de datos transparente que se seleccionan con el nivel de entrada en un pin al conectar la alimentación.

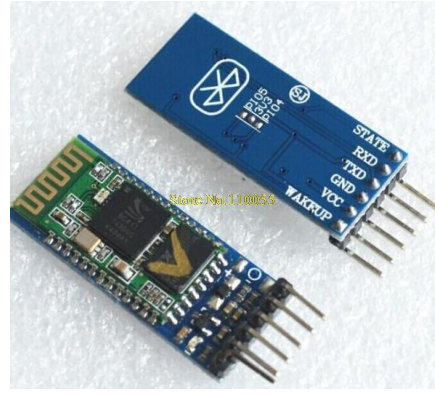


Figura 19. Aspecto del módulo HC06 soldado a un PCB que dispone de 6 terminales y facilita su conexión.

Referencias:

<https://es.aliexpress.com/item/32272894331.html?>

https://es.aliexpress.com/store/product/SH-HC-08-CC2541-Bluetooth-4-0-BLE-to-UART-Transceiver-Module-with-Transparent-Serial-Port/1497906_32392960671.html?spm=2114.30011108.3.316.pjAfdQ&s=p&ws_ab_test=searchweb201556_7,searchweb201602_3_10057_10_056_10065_10037_10068_10055_10054_10069_301_10059_10033_10058_10032_10073_10017_10070_10060_10061_10052_10062_10053_10050_10051,searchweb201603_1&btsid=abc6f28b-9c61-47e7-83a9-5bd238790ef6

5 Realización del proyecto

El proyecto debe ser realizado por parejas (grupos) de alumnos cuya evolución en el diseño del sistema, a través de hitos semanales o quincenales, será supervisada por los profesores de la asignatura en el laboratorio.

Al finalizar el proyecto se realizará además una evaluación final que valorará el funcionamiento y el diseño de la solución propuesta y deberá ir acompañada de una documentación técnica escrita o memoria del proyecto, que describa su funcionamiento, y permita a una persona cualificada reproducir el sistema y realizar modificaciones hardware o software en él.

5.1 Documentación continua del trabajo de grupo

Con el fin de realizar un seguimiento continuo del trabajo llevado a cabo por cada pareja de trabajo en el laboratorio será necesario disponer de un cuaderno de laboratorio individual que servirá de diario de trabajo, en el que se anotará:

- El trabajo realizado en cada sesión, incluidas las anotaciones del profesor.
- Los problemas que se van encontrando y la forma en que se van solucionando.
- Las dudas que vayan surgiendo para preguntar a los compañeros o al profesor.
- Las recomendaciones que haga el profesor, así como las soluciones obtenidas de diferentes fuentes, y lo aprendido por propia experiencia.

El objetivo de este cuaderno es consignar en él los datos, referencias, conclusiones y resultados que permitan la posterior elaboración de la memoria técnica del proyecto.

El diario de trabajo podrá ser consultado por el profesor en cualquier momento. De hecho, durante el curso se pedirá a los alumnos informes de seguimiento (verbales o escritos) del proyecto que deberán incluir su estado de desarrollo y los planes de trabajo siguientes. Los informes de seguimiento servirán para que el profesor conozca la evolución de los alumnos y pueda orientarles convenientemente, y será además una herramienta de evaluación continua del trabajo en el laboratorio.

5.2 Memoria técnica del proyecto

La memoria debe constar (al menos) de los siguientes apartados:

1. Portada: Indicando los nombres de los componentes del grupo.
2. Índice paginado.
3. Introducción: explicación del sistema completo que se ha diseñado.
4. Descripción hardware.
 - a. Diagramas de bloques, esquemas y conexiones entre dispositivos debidamente justificados.
 - b. Esquema completo de todo el circuito.
5. Descripción software
 - a. Modelado del comportamiento: Flujograma, máquina de estados que permita describir el diseño software completo.
 - b. Descripción de cada uno de los módulos (archivos .c) en que se divide el proyecto,
 - c. Descripción de cada una de las funciones que incluye cada módulo, explicando al menos:
 - La misión de la función, así como la descripción de sus parámetros de entrada y salida.
 - Su funcionamiento interno cuando no sea evidente, para lo que se usará de nuevo herramientas estándar de descripción software como máquinas de estados, diagramas de flujo, pseudocódigo, etc.

- Las variables globales utilizadas y la justificación de su uso.

6. Conclusiones

- Anexos con el código fuente comentado (con letra **CourierNew 8p** como máximo, y si es posible en dos páginas por hoja).

5.3 Planificación del Proyecto

Con objeto de seguir un plan de trabajo en donde se aborde la implementación de todo el sistema en base a los contenidos teóricos de la asignatura se propone, antes de alcanzar la integración final del desarrollo, una serie de pautas o hitos con objeto de ir consiguiendo el funcionamiento de las distintas partes de manera modular.

Desarrollo HW/SW	Semanas
Diagrama de bloques del sistema , indicando los recursos utilizados del LPC1768 en base a la disponibilidad de ellos en la tarjeta Mini-DK2. Imprescindible disponer de manera impresa los documentos necesarios, a partir de la información disponible en BB.	1
Control del servomotor. Generación de la señal PWM para mover el servo. Calibración del servo: obtener los valores máximos y mínimos del pulso de la señal PWM que garantizan las posiciones inicial y final del recorrido (0º-180º). Control de la posición a través de 2 pulsadores Utilización del <i>Systick</i> para proporcionar el barrido de forma automática, con intervalos regulares de tiempo entre medidas.	2
Sensor de distancia SRF04. Generación del pulso de disparo. Medida de la anchura del pulso proporcional a la distancia. Verificación en el osciloscopio de los valores. Obtención de la distancia y visualización del valor en LCD cada 0,5 segundos.	2
Sensor de temperatura LM35. Configuración y lectura del ADC. Visualización de la temperatura en el LCD cada 0,5 segundos.	1
Montaje del LM386. Generación de la señal senoidal de frecuencia variable mediante el DAC .	1
Comunicación Serie Asíncrona. Lectura de distancias a través de la UART. Menú de opciones de configuración y modos de funcionamiento.	2
Integración del software.	2

5.4 Evaluación final del proyecto

La evaluación final del proyecto se realizará en una fecha propuesta por los profesores.

Con anterioridad a la fecha de evaluación, se deberá entregar a los profesores la memoria técnica acompañada del proyecto software. Esta documentación deberá coincidir con la presentada el día de la evaluación, o, en caso necesario se deberá indicar a los profesores de forma justificada las modificaciones añadidas antes de la evaluación.

El día de la evaluación todos los miembros del grupo deberán presentar su proyecto para ser evaluados por los profesores de la asignatura de forma conjunta o individual, de modo que éstos puedan explicar y responder a las preguntas que se les realicen sobre el mismo.