

GUÍA DE USUARIO DEL MONTAJE EXPERIMENTAL 'HYDROPORE'

Autor: Arnau Quintana Llorens

El presente documento tiene el objetivo de resumir cómo trabajar con el sistema: desde las conexiones a unas pautas que deben seguirse para que todo funcione según lo esperado.

CONTROL DE CAMBIOS

Autor	Apartado	Fecha	Versión
Arnau Quintana	TODOS	18-09-2022	0

ÍNDICE

CONEXIONES EN LA PCB	3
Alimentaciones.....	3
Actuador	4
Sensores.....	5
Sensor de ultrasonidos.....	5
Celdas de carga.....	5
LVDTs.....	6
Sensor de presión del agua.....	6
Cámaras y Arduino	6
FTDI (USB A UART).....	7
Dispositivo I2C	8
TRABAJANDO CON EL SISTEMA.....	9
LEDs indicadores en la PCB	9
LEDs junto a los conectores de las cámaras en la PCB	9
LEDs en módulo de las cámaras	9
Comandos posibles dentro del sistema.....	9
Instrucciones antes de trabajar con el sistema.....	10
Posibles fuentes de error	12
Posibles errores en el sistema sin aviso de los LEDs	13
Enviar comandos desde la interfaz.....	14

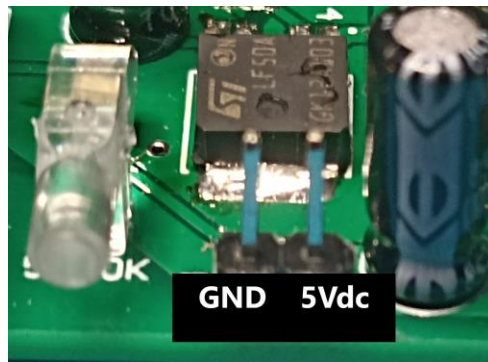
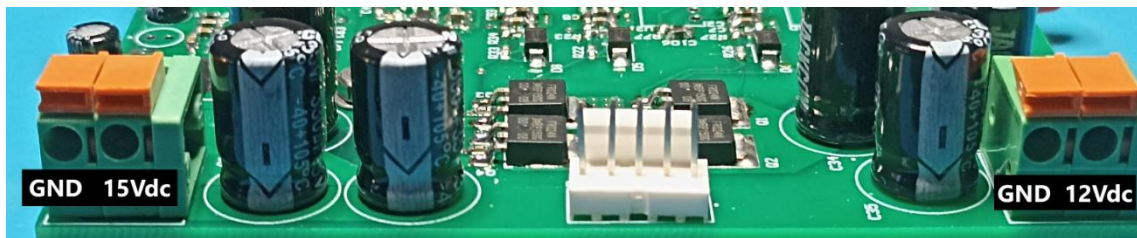
CONEXIONES EN LA PCB

Alimentaciones

Encontramos dos conectores para las entradas de alimentación, una de 15V y otra de 12V. Es muy importante no confundirlas pues el sistema puede no funcionar e incluso podría romperse algún componente. La entrada de 12V alimenta el puente H, es decir, si conectáramos sólo la fuente de 15V, toda la parte de los sensores, las cámaras y el microcontrolador, funcionaría sin problema.

Tenemos además una entrada de 5V auxiliar, está destinada únicamente a la programación del microcontrolador, no está pensada para alimentar otra parte del sistema. Puede ser útil si queremos mandar algún comando o para reprogramar el controlador en caso necesario. Cabe recalcar que NO debemos conectar la fuente de 15V y la entrada de 5V a la vez, la entrada de 15V ya proporciona al circuito los 5V necesarios, pero la entrada auxiliar nos evitar pasar por los reguladores.

NO DEBEMOS CONECTAR NUNCA LA ENTRADA DE 5V AUXILIAR, SÓLO ESTÁ PENSADA PARA QUE LA USE EL PROGRAMADOR, NO EL USUARIO.

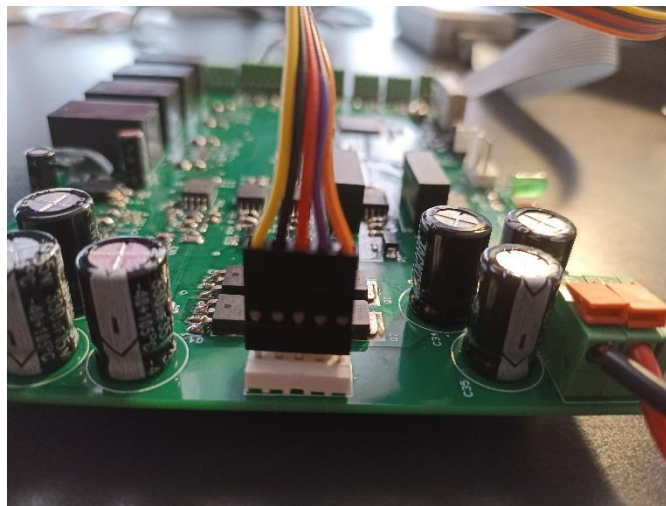
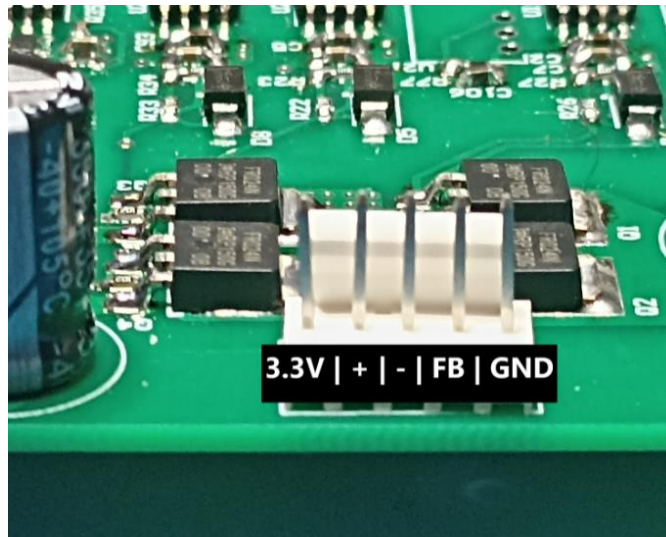


Actuador

En la PCB, el conector para el actuador tiene un total de 5pines: + y – del actuador que corresponden a la alimentación y +, - y salida del feedback que nos proporciona. En caso de querer cambiar el actuador, deberá cumplir las siguientes características:

- Alimentación de 12V.
- Bipolaridad, es decir, que permita ambas polaridades para poder ser usado con un puente en H.

Si el próximo actuador no tiene opción de feedback, se deberá modificar el software.



Sensores

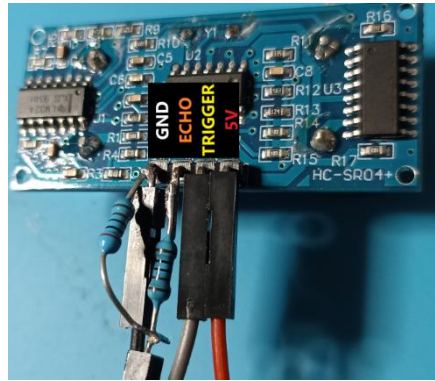
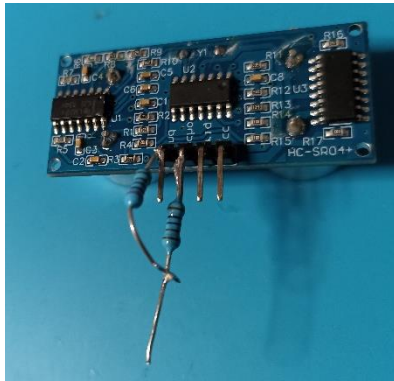


*Los colores de la imagen no coinciden con los colores de los cables reales, mirar el apartado de cada sensor para ello.

Sensor de ultrasonidos

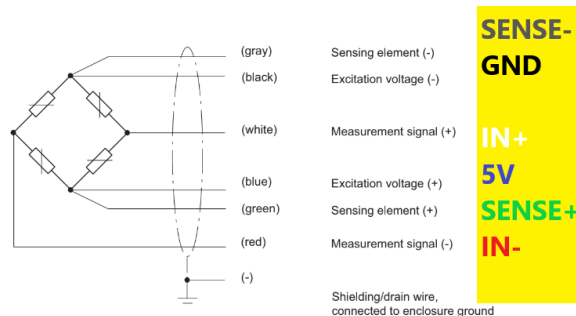
Encontraremos un total de 4 pines: 5V, GND, ECHO y TRIGGER.

Los 5V indican la alimentación positiva del módulo. El pin etiquetado como GND indica la referencia del módulo. Debemos conectar los pines tal como se indica en la siguiente imagen.



Celdas de carga

La PCB permite celdas de 6 cables, donde 4 de ellos son los corrientes de un puente de Wheatstone: alimentación (en este caso 5V), la masa, entrada negativa y la positiva. En este caso también tenemos la opción de usar las referencias proporcionadas por la misma celda al ADC. Si usáramos una celda que no tuviera esos 2 cables, deberíamos hacer ajustes en la placa. La entrada 'EARTH' no la usaremos, veremos que la celda no dispone de 7 cables si no de 6.

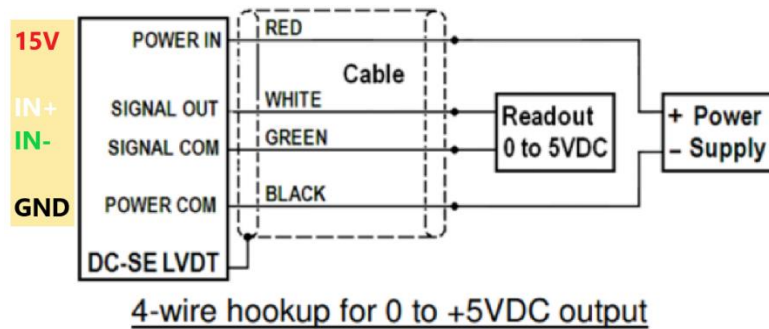


La salía de las celdas es de 2mV/V, si cambiamos esa característica, implicaría cambios en hardware y software.

LVDTs

El LVDT que la PCB permite, pueden ser de 3 o 4 cables, aunque nosotros usamos los 4 cables: entrada negativa, entrada positiva, masa y 15Vdc. Si quisiéramos usar otro LVDT debemos asegurarnos de que permite alimentación de 15Vdc y su salida oscila de 0 a 6V según la extensión del núcleo (cuanto más se adentre el núcleo al cuerpo del LVDT, más tensión hay en la salida). Podríamos conectar uno de 3 cables simplemente cortocircuitando la entrada negativa con masa, eso sí, habría que revisar el software.

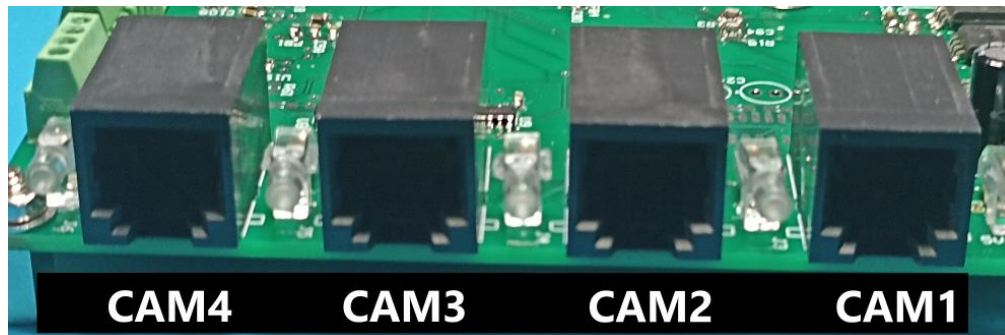
Si la salida del nuevo LVDT es distinta, se deberá dimensionar de nuevo el circuito y revisar que el software no necesite algún ajuste, ya que el microcontrolador calcula el valor analógico a partir de los datos de la hoja de especificaciones del sensor.



Sensor de presión del agua

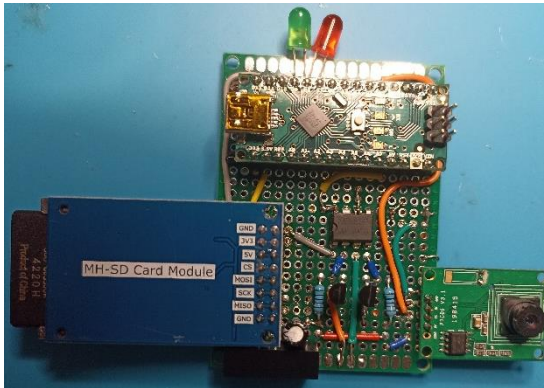
El conexionado es muy parecido al LVDT, pero en este caso no tenemos entrada negativa, sólo positiva, alimentación de 15V y masa. La salida también debe oscilar entre 0 y 5V.

Cámaras y Arduino



Para conectar las cámaras a la PCB el usuario debe preocuparse del orden en que las conecta.

Cuando queramos importar las fotografías deberemos extraer la tarjeta SD del grabador y conectarla al ordenador mediante el adaptador a un puerto USB 3.0 o USB C.



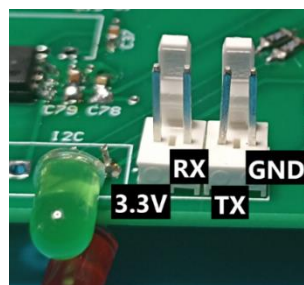
En caso de que en el arranque el Arduino no detecte la cámara o la tarjeta SD, el led rojo que acompaña a montaje de las cámaras parpadeará. Debemos revisar las conexiones y pulsar el botón 'RESET', que se encuentra en el centro de la placa, para que la máquina inicie el programa de nuevo.

Cuando Arduino esté listo para recibir un 'trigger' el LED verde se mantendrá encendido. Una vez reciba un 'trigger', el LED verde se apagará y el rojo se encenderá indicando 'sistema ocupado'. Cuando se tome una fotografía correctamente y se guarde en la tarjeta, el LED verde se encenderá por 1 segundos. Mientras el sistema está ocupado podemos mandar igualmente un 'trigger' si queremos parar de tomar imágenes, Arduino lo leerá cuando acabe de guardar la última imagen.

FTDI (USB A UART)

Este dispositivo nos ayuda a traducir las instrucciones desde el ordenador con el protocolo USB al protocolo UART para que el microcontrolador que controla el sistema pueda entenderlos. También hace la acción inversa, traduce los datos enviados por UART del microcontrolador para que el PC pueda entenderlo.

La particularidad de esta conexión es que debemos cruzar RX con TX, es decir, el pin etiquetado como RX en el dispositivo debe ir al pin etiquetado como TX en la PCB, y el pin etiquetado como TX en el dispositivo debe ir al pin etiquetado como RX en la PCB. NO debemos conectar el 3.3V del FTDI al pin del PCB, es decir, de los 4 pines que vemos en la imagen inferior sólo conectaremos 3. Esto es debido a que no necesitamos los 3.3V que nos proporciona el dispositivo ya que la PCB los genera. Es muy importante realizar correctamente esta conexión pues de no ser así, el PC y el microcontrolador no se entenderán y por muchos comandos que mandemos, el sistema no reaccionará. En la siguiente imagen se puede ver de manera más visual cómo debemos conectar el FTDI a la PCB, los nombres que aparecen corresponden a dónde deben ir los cables del FTDI, es decir, se ha etiquetado para que el TX del FTDI deba ir al TX que se muestra en la foto:



Dispositivo I2C

En la PCB hemos dejado un conector etiquetado como I2C. En el montaje inicial ese conector no está montado y en su lugar hay 2 LEDs, uno rojo y otro verde. Este espacio está dedicado a un dispositivo que informe de manera visual al usuario del estado del sistema. Se ha creído más práctico usar 2 LEDs para ese fin, pero si en algún momento se quisiera usar una pantalla LCD o un dispositivo que se controle mediante el protocolo I2C, únicamente deberíamos conectar el pin etiquetado en la PCB como SCL al pin etiquetado como SCL en el dispositivo, y el pin SDA de la PCB al pin SDA del dispositivo. Tenemos otros 2 pines que corresponden a 5V y GND, es decir, podríamos alimentar el dispositivo que conectáramos directamente desde la PCB, eso sí, debe soportar esos 5V de alimentación.

Cabe recalcar que, de conectar un dispositivo nuevo, debería modificarse el software, ya que no está previsto que se conecte un nuevo componente.



TRABAJANDO CON EL SISTEMA

LEDs indicadores en la PCB

LED VERDE	LED ROJO	SIGNIFICADO
ON	OFF	A LA ESPERA DE UN COMANDO
OFF	PARPADEA	ERROR*
ON	ON	PRIMER COMANDO OK, A LA ESPERA DEL SEGUNDO
OFF	ON	NO MANDAR COMANDOS, SISTEMA TRABAJANDO
PARPADEA	PARPADEA	ERROR DEL PUENTE H POR SOBRECORRIENTE*
ON	PARPADEA	ERROR EN MOVIMIENTO DEL ACTUADOR*

*Consultar el apartado 'Posibles fuentes de error' en la página 12.

LEDs junto a los conectores de las cámaras en la PCB

LED VERDE	SIGNIFICADO
ON (2 SECS)	TRIGGER ENVIADO CORRECTAMENTE
OFF	NO HAY COMUNICACIÓN
PARPADEA	ERROR AL ENVIAR EL TRIGGER*

*Consultar el apartado 'Posibles fuentes de error' en la página 12.

LEDs en módulo de las cámaras

LED VERDE	LED ROJO	SIGNIFICADO
OFF	ON	SISTEMA TRABAJANDO
OFF	PARPADEA	ERROR AL NO ENCONTRAR CÁMARA O SD*
ON (1 SEG)	OFF	FOTO TOMADA Y GUARDADA EN SD
ON	OFF	ESPERANDO A UN TRIGGER, SIN TOMAR FOTOS

*Consultar el apartado 'Posibles fuentes de error' en la página 12.

Comandos posibles dentro del sistema

Módulo	Acción
ACTUADOR	MOVER ADELANTE 1mm
	MOVER HACIA ATRÁS 1mm
	AUMENTAR VELOCIDAD 1%
	REDUCIR VELOCIDAD 1%
	POSICIÓN INICIAL (ACTUADOR COMPLETAMENTE RETRAÍDO)
SENSORES	COGER 5 DATOS DEL LVDT HORIZONTAL
	COGER 5 DATOS DEL LVDT VERTICAL
	COGER 5 DATOS DE LA CELDA DE CARGA DEL ACTUADOR
	COGER 5 DATOS DE LA CELDA DE CARGA DEL PESO MUERTO
	COGER 5 DATOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL AGUA
	COGER 5 DATOS DEL FEEDBACK DEL ACTUADOR
CÁMARAS	EMPEZAR/PARAR A TOMAR FOTOS CON LA CÁMARA 1
	EMPEZAR/PARAR A TOMAR FOTOS CON LA CÁMARA 2
	EMPEZAR/PARAR A TOMAR FOTOS CON LA CÁMARA 3
	EMPEZAR/PARAR A TOMAR FOTOS CON LA CÁMARA 4
	EMPEZAR/PARAR A TOMAR FOTOS CON TODAS LAS CÁMARAS
COMPLETE	EJECUTAR EL PROGRAMA COMPLETO
TEST	COGER DATO DE TODOS LOS TRANSDUCTORES, SIN MOVER EL ACTUADOR

Instrucciones antes de trabajar con el sistema

El sistema no reaccionará hasta que el usuario envíe un comando. En caso de querer ejecutar todo el programa completo, sólo deberemos mandar un comando. En caso de querer direccionar la instrucción a un módulo en particular, deberemos indicar primero el módulo y luego la parte del módulo. Por ejemplo:

- Queremos datos del LVDT horizontal -> debemos mandar el comando del módulo de los sensores y, a continuación, mandar el comando del LVDT horizontal.

El envío de comandos al sistema se realiza a través de una aplicación con interfaz en el ordenador, es decir, debemos tener un ordenador con Python3 instalado siempre disponible para poder interactuar con el sistema. El usuario únicamente debe indicar mediante los botones que acción quiere realizar con el sistema. Una vez mandemos el comando, no podremos corregirlo, es decir, no existe la instrucción 'deshacer'. Si nos hemos equivocado en el comando, deberemos actuar en consecuencia.

ES MUY IMPORTANTE, si queremos realizar algún movimiento con el actuador, como mínimo tener conectado al sistema: el ultrasonidos, el LVDT horizontal y el actuador. Si no tenemos alguno de estos componentes conectados, el sistema nos devolverá valores bajos del LVDT y aleatorios del feedback. Podemos usar el sistema aun no teniendo conectado el ultrasonidos, es una protección extra y ya se ha tenido en cuenta mediante el software que podemos o no tenerlo conectado. El sistema tiene protecciones para que no se quede colgado, es decir, si nos olvidamos de conectar algún sensor, lo peor que puede pasar es que las medidas sean incorrectas y tengamos que descartarlas. Si queremos movernos hacia adelante, pero nos falta por conectar o el actuador o el LVDT, pueden darse dos situaciones:

-Si no tenemos el actuador conectado, el sistema nos devolverá un error directamente porque no puede mover el motor. Lo mismo pasaría si intentemos movernos hacia atrás.

-Si no tenemos conectado el LVDT pero sí el actuador, el sistema moverá el actuador, pero cuando detecte que las medidas del LVDT no varían, parará el motor y nos devolverá un error.

Para evitar este tipo de situaciones, debemos pedir datos a los sensores y ver que el resultado cuadra con lo que esperamos. Estos son los valores que recibiremos si los sensores están desconectados:

Sensor	Medida
LVDT	0.012 – 0.015 mm
Sensor de presión	0.012 – 0.015 bar
Celda de carga	312.462 N

ES MUY IMPORTANTE, calibrar el sistema antes de empezar a moverlo. Debemos coger, como mínimo, un dato del LVDT horizontal y un dato del 'feedback' del actuador. Podemos hacerlo, o bien accediendo al módulo individualmente, o ejecutando el comando 'TEST'. Si intentamos mover la estructura sin haber calibrado el sistema, nos devolverá un ERROR.

Los movimientos hacia adelante se miden con el LVDT, por lo que la precisión será muy buena. Los movimientos hacia atrás se miden con el 'feedback' del actuador, por lo que no serán tan precisos como si lo hiciéramos con el LVDT. Esto es debido a que la base no está enganchada al actuador, por lo que, si movemos hacia atrás el motor, la base no se moverá con él.

Cada vez que movamos el actuador hacia atrás deberemos volver a coger un dato del LVDT para recalibrarlo, pues como no trabaja en esos movimientos, desconocerá dónde está la base.

Podremos ejecutar el ‘programa completo’ hasta los 10mm de desplazamiento, independientemente de la posición en que iniciemos, es decir, la posición 10mm siempre se sitúa en el mismo lugar. Si probamos a ejecutar el programa completo estando en la posición máxima el sistema nos dará ERROR. Si quisiéramos coger los datos de los sensores estando en la posición máxima de desplazamiento podemos ir uno por uno, o usar el botón de ‘TEST’.

ES MUY IMPORTANTE, desconectar la alimentación del sistema si pretendemos mover o cambiar de posición algún sensor. NO debemos manipular nada con el sistema alimentado. Hay que tener en cuenta que una vez se apague la alimentación el sistema se reinicia.

Si quisiéramos manipular la PCB y necesitáramos desconectar los cables de alimentación, es muy importante primero haber desconectado la fuente de la red y, una vez separemos los cables del conector, evitar que se toquen entre sí. Deberemos desconectar uno, aislarlo (con cinta aislante, por ejemplo), luego desconectar el otro y hacer lo mismo. Las capacidades de la entrada pueden haber quedado cargadas y podríamos provocar un cortocircuito.

El LVDT que mide el desplazamiento vertical debe estar aproximadamente en la mitad de desplazamiento al iniciar las medidas. Recordemos que el sistema recoge datos en DC, es decir, de 0 a xV positivos, si empezamos en la posición 0 y la muestra estira el núcleo hacia afuera nos devolverá valores negativos, los cuáles el sistema no leerá. Por tanto, el LVDT vertical, al ejecutar el comando de TEST, debe estar en aproximadamente en 6mm para poder medir desplazamiento tanto si se contrae el LVDT como si se estira. Podemos saber dónde se debe colocar simplemente pidiendo datos al sensor y ajustando manualmente el núcleo dentro del cuerpo del LVDT. Tenemos la opción de moverlo 6mm hacia los dos lados como máximo, pues el recorrido máximo que permite el transductor es de 12.5mm y si lo colocamos en 6mm para poder medir desplazamiento hacia los dos lados, tenemos 6mm para cada lado.

Cada vez que pidamos datos a un sensor en particular, se tomarán 5 datos. Si ejecutamos el programa completo, se tomarán un total de 10 datos por sensor, a excepción del LVDT horizontal, el feedback del actuador y la celda vertical, que nos devolverán únicamente 1 dato. Si ejecutamos el programa ‘TEST’ obtendremos un dato de cada sensor.

Para que las cámaras empiecen a tomar fotos deberemos enviarles un ‘trigger’. Podemos hacerlo accediendo al módulo ‘Cámaras’ en la aplicación y enviar el ‘trigger’ uno a uno o enviar el ‘trigger’ de las 4 cámaras a la vez.

Hemos de tener en cuenta que, si lo hacemos por separado, debemos hacerlo para todas las cámaras; si enviamos los ‘triggers’ de dos cámaras y probamos a enviar el ‘trigger’ conjunto, el sistema nos devolverá un error, pues estaríamos activando dos cámaras y parando las otras dos. El sistema tiene dos opciones: ir todas a una o cada una por su lado, pero no podemos hacer combinaciones.

Podremos sacar las tarjetas SD del módulo aun teniendo el sistema alimentado, siempre y cuando hayamos enviado el ‘trigger’ para parar de tomar imágenes; de no ser así, el Arduino intentaría seguir grabando imágenes en la SD y al no poder, corremos el riesgo de que se cuelgue, lo que nos obligaría a reiniciarlo.

Posibles fuentes de error

A continuación, se expone las posibles causas de un error en el sistema:

- Comando erróneo:
 - Probabilidad: Muy baja.
 - Significado: El usuario ha enviado un comando erróneo. El sistema sólo permite enviar unos comandos restringidos, es decir, los comandos posibles están limitados por la interfaz. Este error también puede ocurrir si falla la comunicación.
 - Momento en el que puede ocurrir: Al enviar un comando.
 - Solución: Revisar que el FTDI esté bien conectado a la PCB y enviar el comando de nuevo.
- 'Trigger' de las cámaras:
 - Probabilidad: Baja.
 - Significado: El usuario ha enviado un 'trigger' general en una situación en la cual no está permitido hacerlo.
 - Momento en el que puede ocurrir: Al enviar un 'trigger' general a las cámaras.
 - Solución: Revisar que todas las cámaras estén en el mismo estado (tomando fotos o paradas) y enviar los comandos para que así sea.
- Movimiento del actuador:
 - Probabilidad: Media.
 - Significado: Hemos intentado mover el actuador hacia adelante y ya está en su posición máxima o bien hemos intentado mover el actuador hacia atrás y ya está en su posición mínima.
También puede ocurrir si no hemos calibrado el sistema.
También puede ocurrir en una situación en la que intentemos mover el actuador y no esté conectado o bien el actuador o bien el LVDT.
 - Momento en el que puede ocurrir: Al enviar un comando que implique mover el actuador.
 - Solución: Revisar la posición del actuador y revisar el comando que queremos enviar. Revisar que hemos cogido un dato del LVDT del actuador y del 'feedback' del actuador antes de intentar mover la estructura. Revisar que el actuador y el LVDT estén bien conectados.
- Sobre corriente en el puente H:
 - Probabilidad: Baja.
 - Significado: Se ha producido un error por sobre corriente en el puente H.
 - Momento en el que puede ocurrir: Al enviar un comando que implique mover el actuador.
 - Solución: Revisar si hemos cruzado el positivo y el negativo de la fuente de 12V. Si no lo hemos hecho, puede haber algo roto o en mal estado en el puente H o en el circuito detector de sobre corriente.
- Arduino no encuentra la cámara o la SD:
 - Probabilidad: Baja.
 - Significado: El Arduino no ha encontrado la cámara o la tarjeta SD. Podría deberse a una mala conexión o que la alimentación del módulo sea incorrecta.
 - Momento en el que puede ocurrir: Al conectar la alimentación a las cámaras.
 - Solución: Revisar que todo esté bien conectado y reiniciar el Arduino pulsando el botón que se encuentra en el centro del dispositivo. Si no es el problema, debemos revisar que en la salida del DC/DC que alimenta el módulo tengamos 5V.

Posibles errores en el sistema sin aviso de los LEDs

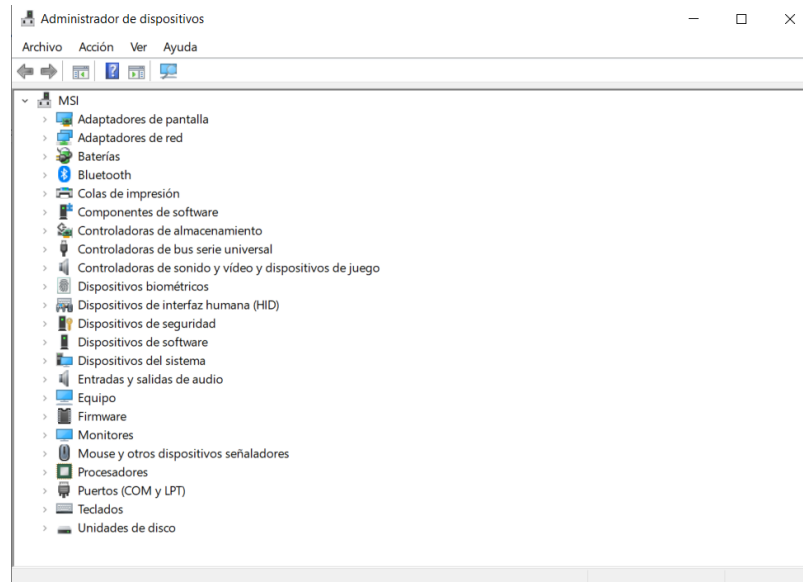
Este apartado tiene el objetivo de describir posibles errores del sistema sin que salte el aviso de error mediante los LEDs. Estos pueden ser causados por algún componente roto, algún fallo en las conexiones o un desajuste en las tensiones de alimentación.

- Fallo en el movimiento del motor:
 - o Probabilidad: Baja.
 - o Situación: Hemos intentado mover el actuador, pero no se mueve. No hay error ni de comando erróneo ni de sobrecorriente en el puente H; el sistema parece colgado.
 - o Momento en el que puede ocurrir: Al intentar mover el actuador.
Solución: Una posibilidad es que el actuador no tenga suficiente velocidad para moverse; deberemos aumentarla e intentar de nuevo el movimiento.
Otra opción es que haya un desajuste en la tensión de alimentación. Revisar con un multímetro, directamente en los bornes de la fuente de 12V, que esté proporcionando 13.1V. Si no es así, deberemos ajustar la posición del potenciómetro (la rueda blanca situada al lado del conector de la fuente) hasta que veamos esa tensión. Si no proporcionamos correctamente la alimentación, puede saltar la protección de sub voltaje de los drivers del puente, que es una protección del propio componente.
- Fallo de comunicación entre el PC y la PCB:
 - o Probabilidad: Baja.
 - o Situación: Hemos intentado enviar un comando al PCB, pero no responde y no salta ningún error. El sistema parece colgado.
 - o Momento en el que puede ocurrir: Al enviar cualquier comando al PCB.
 - o Solución: Es probable que haya un error de conexión de los cables del FTDI al PCB. Debemos revisar la página 7 y mirar si hemos realizado correctamente la conexión.
- Fallo en la lectura de algún sensor:
 - o Probabilidad: Baja.
 - o Situación: Los valores que leemos en el documento de texto no parecen correctos.
 - o Momento en el que puede ocurrir: Al leer datos de algún sensor.
 - o Solución: Podemos haber conectado mal los cables del sensor a la PCB. Deberemos desconectar la alimentación inmediatamente y revisar que esté todo bien conectado. Es muy crítico el fallo si nos hemos equivocado al conectar la alimentación; deberemos revisar tanto la PCB como el sensor, que estén en buen estado. Si nos hemos equivocado en los cables de datos es probable que no haya pasado nada grave, probaremos a conectarlo bien y volveremos a pedir una medida.
Si no es problema de las conexiones puede deberse a un cambio en el setup final con respecto a las pruebas y por tanto que deba actualizarse el código. Podría ser tan sencillo como aumentar un poco el 'timeout' en el código de la aplicación, es decir, pedir al PC que espere algo más de tiempo a recibir datos desde la PCB; quizás los cables desde el PCB al ordenador son muy largos.

Enviar comandos desde la interfaz

Lo primero que deberemos hacer es conectar el FTDI al conector del PCB tal como se ha indicado anteriormente y conectarlo al ordenador. Ejecutaremos el archivo 'HydroPore.exe' para poder iniciar la aplicación. Es muy importante tener ese archivo en una ruta parecida a la siguiente: C:\Users\arnau\HydroPore. Si no lo tenemos localizado dentro del disco C y nuestro usuario, el programa no podrá generar el archivo donde guardará los datos recogidos.

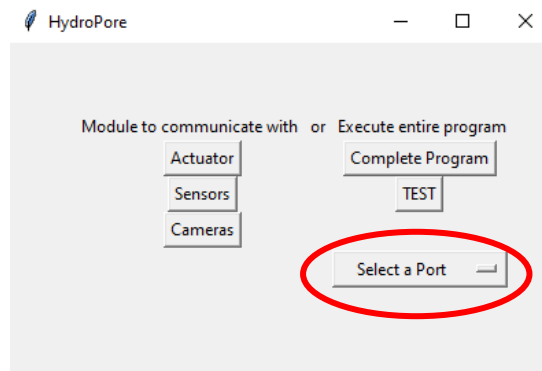
Al iniciar la aplicación, se nos pide que seleccionemos el puerto en que hemos conectado el FTDI. Para saberlo, debemos ir al buscador de Windows y teclear 'Administrador de dispositivos', nos aparecerá la siguiente ventana:



Desplegaremos la línea etiquetada como 'Puertos (COM y LPT)' y miraremos que puerto se ha asignado al dispositivo:



El valor entre paréntesis de la anterior imagen es el que deberemos indicar en la ventana principal de la interfaz:



Una vez hecho, estaremos listos para enviar comandos al PCB.