



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO**



GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

*INGENIERIA INVERSA DEL MANDO DE PS2 CABLEADO PARA EL
CONTROL DE UN ROBOT SEGUIDOR DE LINEA CON
DETECCION DE OBSTACULOS POR RF*

RESUMEN

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: ENDIKA

APELLIDOS: PÉREZ RAMÍREZ

FDO.:

FECHA: 18/01/2017

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: OSKAR

APELLIDOS: CASQUERO OYARZABAL

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA DE SISTEMAS Y
AUTOMÁTICA

FDO.:

FECHA: 18/01/2017



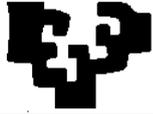
ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. COMPONENTES.....	3
2.1. Componentes del vehículo.....	3
2.1.1. Freaduino Uno.....	3
2.1.2. Receptor RF433Mhz.....	6
2.1.3. Chasis.....	7
2.1.4. Detector de proximidad (HC SR04).....	8
2.1.5. Servo 9g.....	9
2.1.6. Servomotor de rotación continua (ruedas).....	10
2.1.7. Sensor Infrarrojo (Octopus Hunt Sensor).....	10
2.1.8. Batería coche.....	11
2.1.9. Esquema Conexiones coche.....	12
2.2.1. Arduino Pro Mini 3,3V.....	13
2.2.2. Batería mando (LiPo).....	15
2.2.2.1. Diagrama del circuito paralelo.....	16
2.2.3. Emisor RF433.....	17
2.2.4. Mando.....	18
2.2.5. Esquema de conexiones mando.....	21



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Coche.</i>	1
<i>Figura 2.Mando.</i>	2
<i>Figura 3. Freaduino UNO.</i>	3
<i>Figura 4. Entrada alimentación transformador.</i>	4
<i>Figura 5. Receptor RF.</i>	6
<i>Figura 6. Despiece del coche.</i>	7
<i>Figura 7.Coche montado.</i>	7
<i>Figura 8. Sensor de ultrasonidos.</i>	8
<i>Figura 9. Servo 9g.</i>	9
<i>Figura 10. Sensor infrarrojo</i>	11
<i>Figura 11. Entrada Fuente Freaduino.</i>	11
<i>Figura 12. Entrada fuente Freaduino</i>	11
<i>Figura 14. Pines Arduino Pro Mini.</i>	13
<i>Figura 15. Adaptador serie.</i>	14
<i>Figura 16. Arduino Pro Mini 3.3V.</i>	14
<i>Figura 17. Batería LiPo 3.7V.</i>	15
<i>Figura 18. Mando en funcionamiento.</i>	16
<i>Figura 19. Batería cargando.</i>	16
<i>Figura 20. Emisor RF.</i>	17
<i>Figura 21. Conexiones mando PS2.</i>	18
<i>Figura 22. Funcionamiento del mando con cable.</i>	19
<i>Figura 23. Interior del mando.</i>	20
<i>Figura 24. Interruptor y conexión carga batería.</i>	20



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Conexiones Freaduino UNO.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2. Conexiones receptor RF.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3. Conexiones sensor de ultrasonidos.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 4. Conexiones servo 9g.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 5. Conexiones servo rueda.</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 6. Conexiones Servo rueda.</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 7. Conexiones Sensor IR izquierdo.</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 8. Conexiones Sensor IR derecho.</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 9. Conexiones Arduino Pro Mini.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 10. Conexiones emisor RF.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 11. Conexiones mando.</i>	<i>18</i>



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en un vehículo controlado mediante radiofrecuencia a través de un mando de la plataforma de videojuegos PlayStation II, con opciones de funcionamiento en forma autónoma evitando obstáculos y en modo seguidor de línea. Para el control de todos los componentes del TFG se han utilizado dos placas Arduino con su respectiva programación, una para el vehículo y otra para el mando. En este documento se explicarán los pasos necesarios para llevar a cabo el proyecto, los problemas surgidos en su desarrollo, así como las soluciones encontradas, con el fin de ofrecer una explicación práctica del prototipo.

El proyecto está dividido en dos partes diferenciadas. El coche y el mando.

El coche, cuyo chasis es el de PrintBot Renacuajo de BQ, dispone de dos ruedas (que dotan de movimiento al vehículo) controladas por un servomotor de rotación continua cada una, dos sensores infrarrojos (que actúan como detectores de línea) situados en la parte inferior delantera del coche, un sensor de proximidad ultrasónico situado en la parte superior delantera del coche que gira a izquierda y derecha por medio de un servomotor, también se necesita un receptor de radiofrecuencia para recibir las órdenes enviadas por el mando, todos estos elementos se encuentran conectados y controlados por la placa Freaduino UNO.

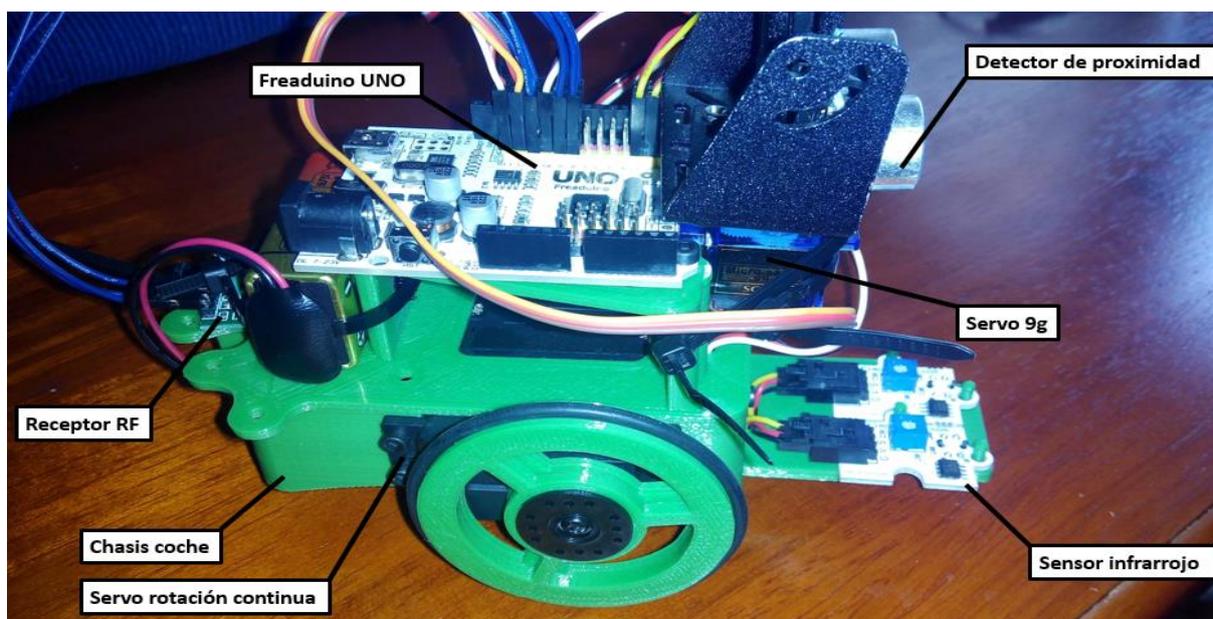


Figura 1. Coche.



El mando, como ya antes se ha mencionado, es el de la plataforma de videojuegos PlayStation II, que se ha modificado para su funcionamiento inalámbrico y para poder situar en su interior diferentes elementos como una batería Lipo, recargable mediante un enchufe y protegido el circuito mediante un interruptor, el emisor de radiofrecuencia RF433, una antena, y la placa Arduino Pro Mini 3,3V a la que están conectados y controlados por ella todos los elementos.

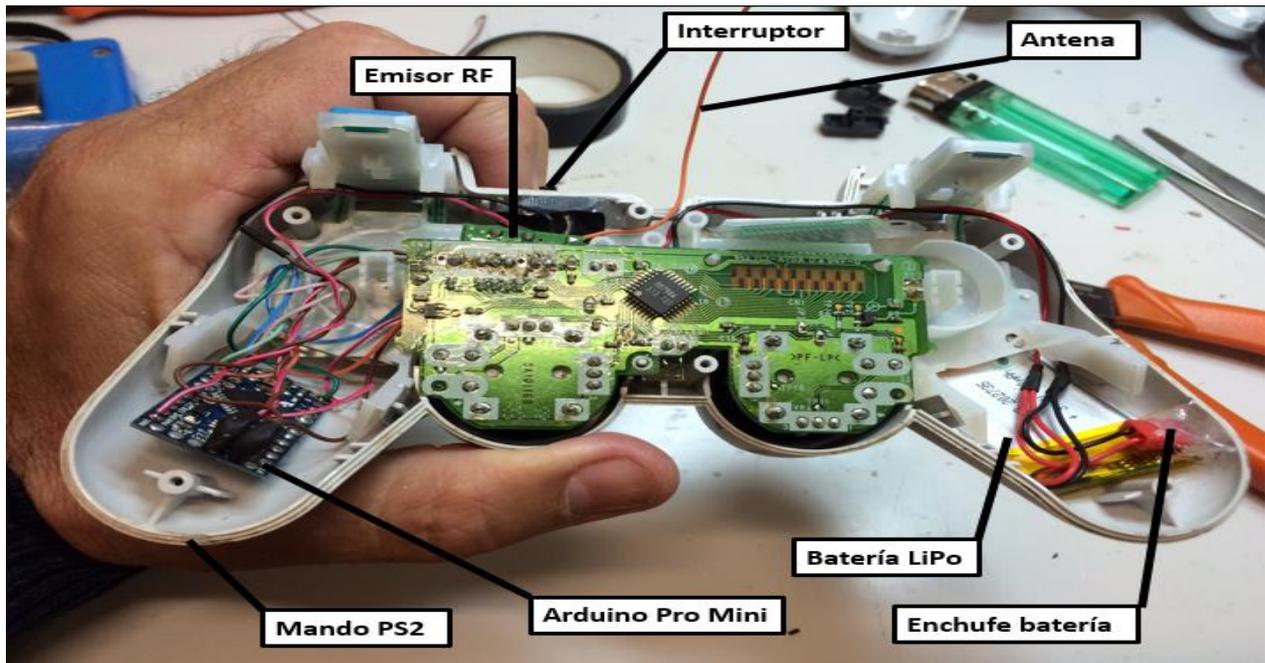


Figura 2.Mando.



2. COMPONENTES

2.1. COMPONENTES DEL VEHÍCULO

2.1.1. FREADUINO UNO

Freaduino Uno es compatible 100% con el IDE de Arduino, y los Shields diseñados para el mismo.

Una de las ventajas de esta placa es la inclusión de los headers para conexiones externas, que incluyen +Vcc y Gnd. Estos headers están claramente señalados al pin que corresponden, y brindan una gran ayuda el momento de conectar servomotores o sensores.

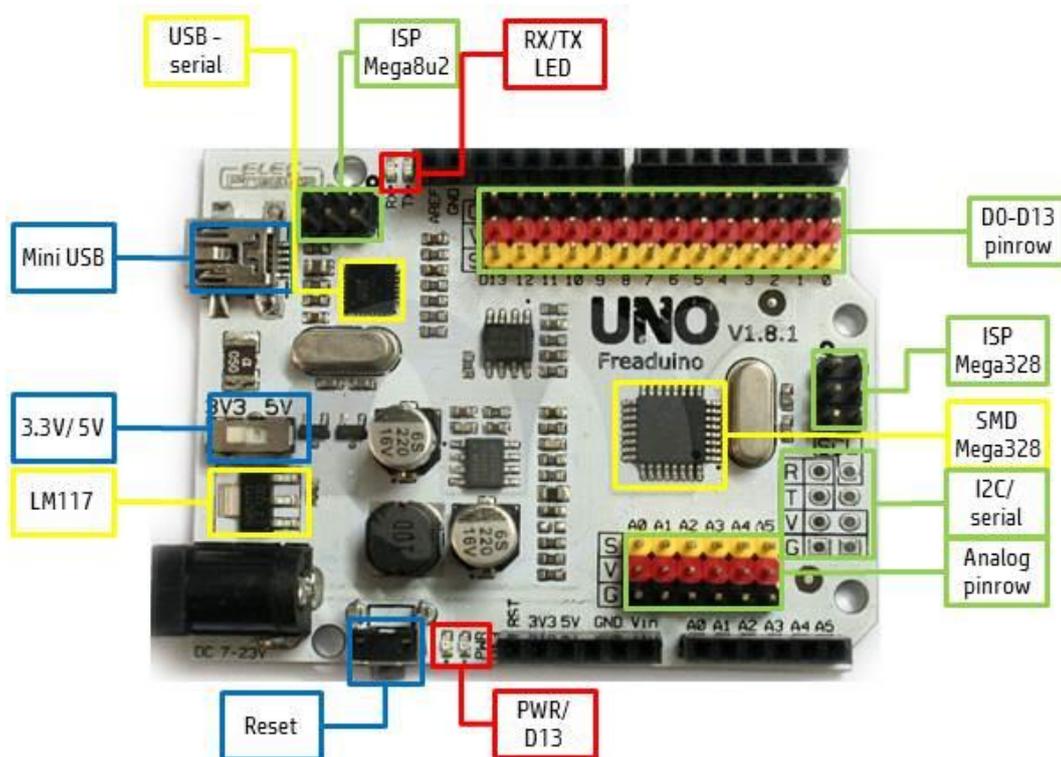


Figura 3. Freaduino UNO.

Extraída de: <http://www.mathias-wilhelm.de/arduino/assets/boards/Slide1cr.jpg>



Otra función adicional, que podrá resultar útil, es la inclusión de un selector de voltaje de trabajo. Todas las tarjetas Arduino tienen una salida de voltaje de referencia de 3.3v, pero el microcontrolador siempre funcionará a 5Vcc internamente. El Freaduino Uno posee un selector de voltaje de operación que permite que todo el microcontrolador opere a 3.3v. Esto resulta útil para interconectar dispositivos que requieran este voltaje de funcionamiento, eliminando el requerimiento de componentes adicionales para la conexión.

Características:

- Modelo: Freaduino UNO.
- Voltaje de alimentación: de 7 a 23V.
- Voltaje de operación: 3.3V/5V seleccionable.
- Corriente de salida máx.: 800mA (3.3V) / 2000mA (5V).
- Tipo de conector USB: mini USB.
- E/S Digitales: 14.
- E/S Analógicas: 6.

A la hora de cargar el programa en la placa se debe tener en cuenta que en el caso de que se encuentren conectados a esta elementos que requieran un alto consumo de corriente para su funcionamiento, no será suficiente con la conexión de la placa al ordenador a través del USB, además la placa deberá estar conectada a la red eléctrica a través de un transformador.

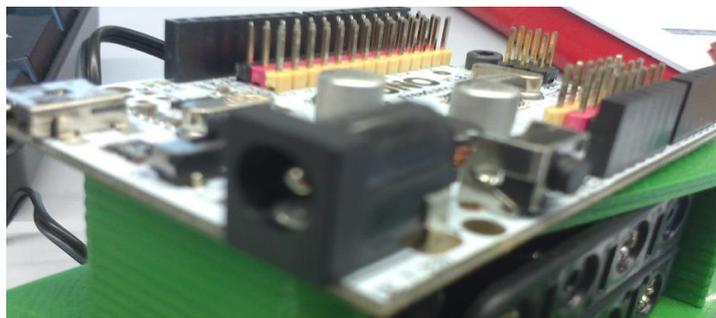


Figura 4. Entrada alimentación transformador.



Conexionado:

Tabla 1. Conexiones Freaduino UNO.

Freaduino UNO	Dispositivos	
Pinrow 11 V	Receptor RF	Pin VCC
Pinrow 11 G	Receptor RF	Pin GND
Pinrow 11 S	Receptor RF	Pin DATA
Pinrow 8 V	HC-SR04	Pin VCC
Pinrow 8 G	HC-SR04	Pin GND
Pinrow 8 S	HC-SR04	Pin Trigger
Pinrow 9 S	HC-SR04	Pin Echo
Pinrow 12 V	Servo 9g	Pin VCC
Pinrow 12 G	Servo 9g	Pin GND
Pinrow 12 S	Servo 9g	Pin Señal
Pinrow 10 V	Servo rueda izda	Pin VCC
Pinrow 10 G	Servo rueda izda	Pin GND
Pinrow 10 S	Servo rueda izda	Pin Señal
Pinrow 13 V	Servo rueda dcha	Pin VCC
Pinrow 13 G	Servo rueda dcha	Pin GND
Pinrow 13 S	Servo rueda dcha	Pin Señal
Pinrow 7 V	Sensor IR izda	Pin VCC
Pinrow 7 G	Sensor IR izda	Pin GND
Pinrow 7 S	Sensor IR izda	Pin Señal
Pinrow 6 V	Sensor IR dcha	Pin VCC
Pinrow 6 G	Sensor IR dcha	Pin GND
Pinrow 6 S	Sensor IR dcha	Pin Señal
Pin VCC	Batería LiPo 11.1V	Pin Vcc
Pin GND	Batería LiPo 11.1V	Pin Gnd



2.1.2. RECEPTOR RF433MHZ

Los módulos de comunicación por radiofrecuencia RF433MHz emisor y receptor nos van a permitir conectar dos Arduinos y que estos puedan comunicarse unidireccionalmente.

Para hacerlos funcionar existen varias librerías (VirtualWire y RadioHead). En este proyecto se ha utilizado la librería RadioHead, en este caso no se utiliza la librería VirtualWire ya que no es compatible con la librería Servo ya que ambas utilizan el mismo TIMER 1. Esta librería se encarga de gestionar las funciones más básicas de RF.

Características:

- Modelo: MX-05V.
- Voltaje de operación: 5V.
- Modulación: ASK/OOK.

Conexionado:

Tabla 2. Conexiones receptor RF.

Receptor RF	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 11 V
Pin GND	Pinrow 11 G
Pin DATA	Pinrow 11 S



Figura 5. Receptor RF.

Extraída de: http://mla-s1-p.mlstatic.com/modulo-rf-transmisor-y-receptor-433-mhz-arduino-robotica-pic-20271-MLA20186866356_102014-F.jpg



2.1.3. CHASIS

PrintBot Renacuajo es un kit completo para montaje de un vehículo de dos ruedas, cuyo chasis está compuesto por una unidad central donde se encuentran los motores que accionan las ruedas, un compartimento en la parte media en el que se aloja la batería que alimenta la placa, un espacio en la parte superior donde va atornillada la placa microcontroladora, y por último un saliente en la parte delantera del vehículo utilizado para colocar los sensores IR.



Figura 6. Despiece del coche.

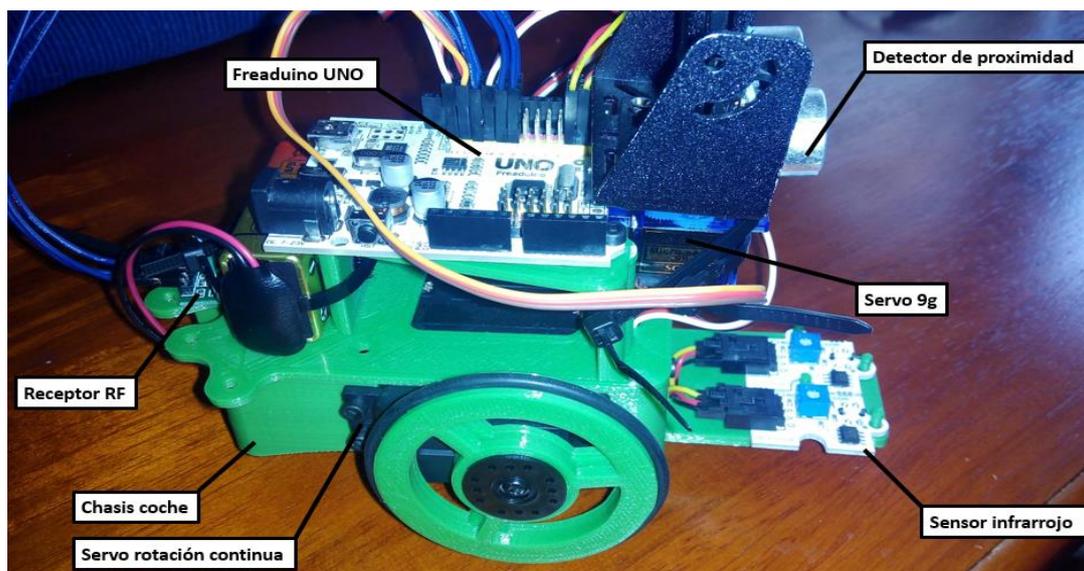


Figura 7. Coche montado.



2.1.4. DETECTOR DE PROXIMIDAD (HC SR04)

Es un sensor ultrasónico que no sólo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto, esto lo consigue enviando un ultrasonido (inaudible para el oído humano por su alta frecuencia) a través de uno de la pareja de cilindros que compone el sensor (un transductor) y espera a que dicho sonido rebote sobre un objeto y vuelva, retorno captado por el otro cilindro

Características:

- Modelo: HC SR04.
- Voltaje de operación: 5V.
- Corriente de operación: 15mA.
- Distancia máxima de detección: 4m.

Conexionado:

Tabla 3. Conexiones sensor de ultrasonidos.

HC-SR04	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 8 V
Pin GND	Pinrow 8 G
Pin Trigger	Pinrow 8 S
Pin Echo	Pinrow 9 S



Figura 8. Sensor de ultrasonidos.

Extraída de:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/HC_SR04_Ultrasonic_sensor_1480322_3_4_HDR_Enhancer.jpg



2.1.5. SERVO 9G

El servo SG90 Tower Pro un servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones. Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con microcontroladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control. Este servo es el encargado de hacer girar a izquierda y derecha el sensor ultrasónico, ambos se encuentran en la parte superior delantera del vehículo.

NOTA IMPORTANTE: hay que tener en cuenta que al llevar el servomotor a una posición extrema de giro pueden surgir problemas si esta posición fuerza el servo a girar más allá de sus posibilidades (aparece un pequeño ruido), entonces no llegará la corriente necesaria a los demás dispositivos.

Características:

- Modelo: Micro Servo Tower-pro.
- Voltaje de operación: 3-7.2V.
- Ángulo de rotación: 180°.

Conexionado:

Tabla 4. Conexiones servo 9g.

Servo 9g	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 12 V
Pin GND	Pinrow 12 G
Pin Señal	Pinrow 12 S



Figura 9. Servo 9g.

Extraída de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Micro_servo.jpg



2.1.6. SERVOMOTOR DE ROTACIÓN CONTINUA (RUEDAS)

Se trata de un servomotor modificado para que pueda llegar a realizar giros completos de 360 grados, además también es posible el control de su velocidad así como de su sentido de giro. No necesitan driver, simplemente una señal PWM.

NOTA IMPORTANTE: durante el desarrollo del TFG se estropeó uno de los servomotores, ese hecho ocasionó que dicho servomotor consumiera para sí gran parte de la corriente que alimenta los demás elementos del coche dejando por lo tanto inutilizados a los demás componentes.

Características:

- Modelo: SM-S4303R.
- Voltaje de operación: 4.8V – 6V.

Conexión:

Tabla 5. Conexiones servo rueda.

Servo rueda izda	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 10 V
Pin GND	Pinrow 10 G
Pin Señal	Pinrow 10 S

Tabla 6. Conexiones Servo rueda.

Servo rueda dcha	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 13 V
Pin GND	Pinrow 13 G
Pin Señal	Pinrow 13 S

2.1.7. SENSOR INFRARROJO (OCTOPUS HUNT SENSOR)

“Octopus Hunt Sensor” es un sensor basado en el elemento sensitivo fotoeléctrico TCRT5000. Es capaz de detectar la señal infrarroja reflejada, de este modo se utiliza como detector de línea. Dispone de de tres pines: dos pines de entrada 5V, GND y señal.

Características:

- Modelo: EF04002.
- Voltaje de alimentación: 5V.



- Corriente de operación de tubo emisor: 10mA.
- Corriente de operación de tubo receptor: 0.1mA.

Conexionado:

Tabla 7. Conexiones Sensor IR izquierdo.

Sensor IR izquierdo	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 7 V
Pin GND	Pinrow 7 G
Pin Señal	Pinrow 7 S

Tabla 8. Conexiones Sensor IR derecho.

Sensor IR derecho	Freaduino UNO
Pin VCC	Pinrow 6 V
Pin GND	Pinrow 6 G
Pin Señal	Pinrow 6 S



Figura 10. Sensor infrarrojo

2.1.8. BATERÍA COCHE

La batería será la encargada de alimentar todos los componentes del coche a través de la placa Freaduino UNO.

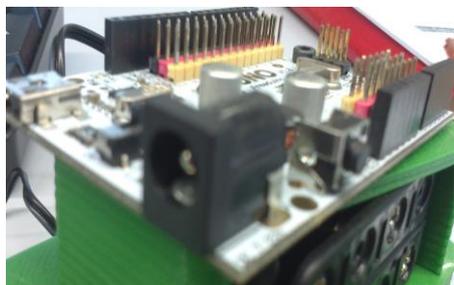


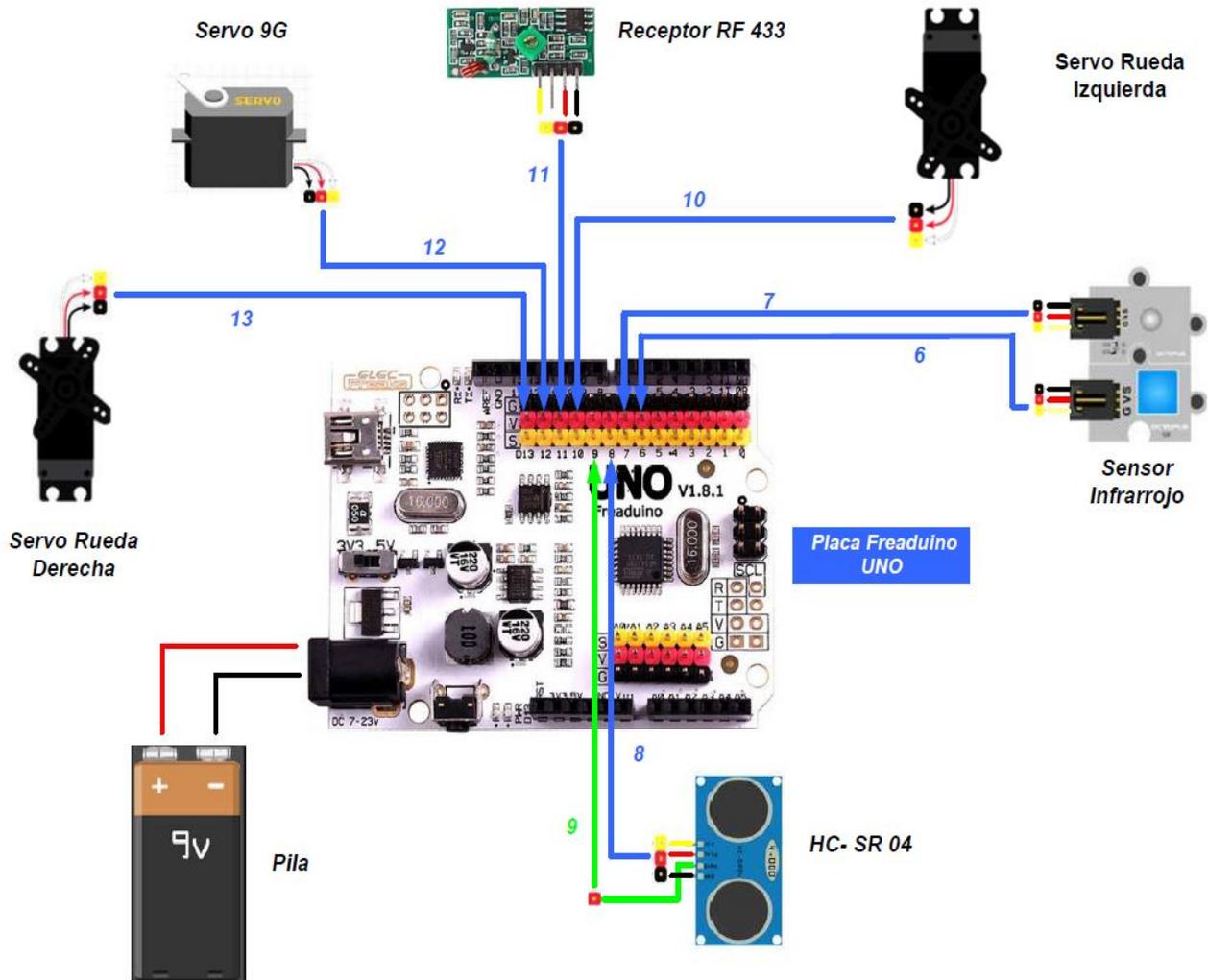
Figura 11. Entrada Fuente Freaduino.



Figura 12. Entrada fuente Freaduino



2.1.9. ESQUEMA CONEXIONES COCHE



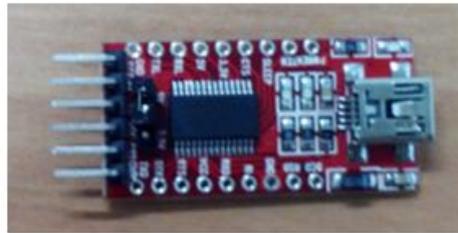


Figura 14. Adaptador serie.

Conexionado:

Tabla 9. Conexiones Arduino Pro Mini.

Arduino Pro Mini 3.3V	Dispositivos	
Pin13	Mando PS2	Pin1. Data
Pin11	Mando PS2	Pin2. Comando
GND	Mando PS2	Pin4. Tierra
RAW	Mando PS2	Pin5. Vcc. 3,3V
Pin10	Mando PS2	Pin6. Attention(send)
Pin9	Mando PS2	Pin7. Reloj
Pin VCC	Emisor RF	Pin VCC
Pin GND	Emisor RF	Pin GND
Pin digital 12	Emisor RF	Pin DATA
Pin RAW	Batería LiPo 3.7V	Pin Vcc
Pin GND	Batería LiPo 3.7V	Pin Gnd

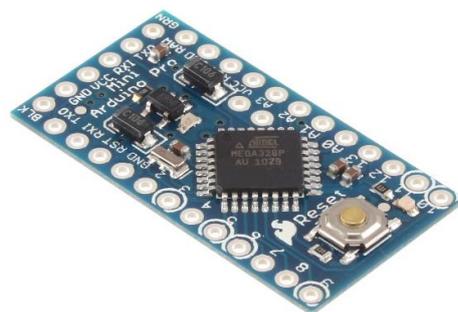


Figura 15. Arduino Pro Mini 3.3V.

Extraída de: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Arduino_Pro_Mini_\(2\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Arduino_Pro_Mini_(2).jpg)



2.2.2. BATERÍA MANDO (LIPO)

La batería LiPo será la encargada de alimentar todos los componentes del mando a través de la placa Arduino Pro Mini 3,3V. Como la batería proporciona 3,7V de tensión nominal la placa se alimenta mediante la conexión del polo positivo (cable rojo) de la batería al pin RAW, a su vez, el polo negativo de la batería (cable negro) se conecta al pin GND de la placa. Se ha elegido una de 100mA de capacidad. De esta manera se consigue la completa autonomía del mando sin necesidad de cables.

Para recargar la batería se utiliza un adaptador al que se le puede conectar un cable USB, este adaptador conecta con el cable de la batería gracias a un pequeño hueco abierto en lateral del mando.

Las baterías LiPo disponen también de un circuito de protección en su parte superior, ya que esta batería proporciona una tensión de 3,7V, en el proceso de descarga cuando llega a 3V la función del circuito protector consiste en apagar la batería.



Figura 16. Batería LiPo 3.7V.

Además, se ha realizado un circuito paralelo con el objetivo de proteger la placa de sobretensiones durante el proceso de recarga de la batería, a través de un interruptor (el cual conecta/desconecta la batería del Arduino) situado en la parte superior del mando mediante la apertura de un pequeño hueco en la parte superior del mando.



2.2.2.1. DIAGRAMA DEL CIRCUITO PARALELO

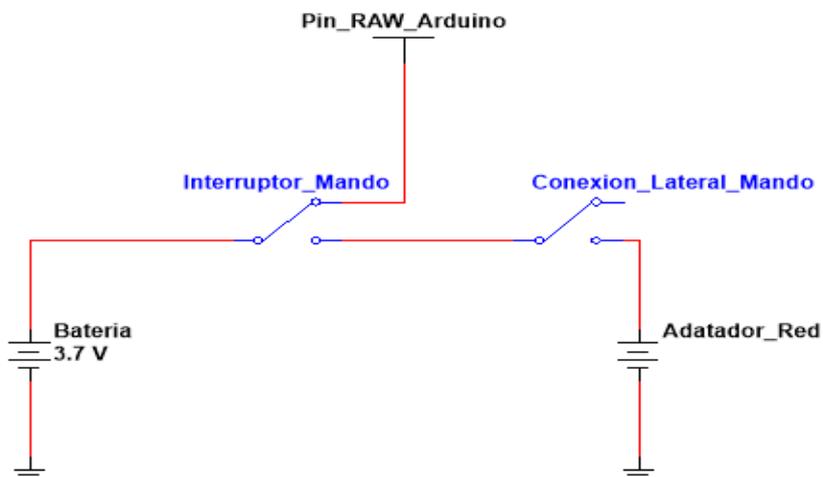


Figura 17. Mando en funcionamiento.

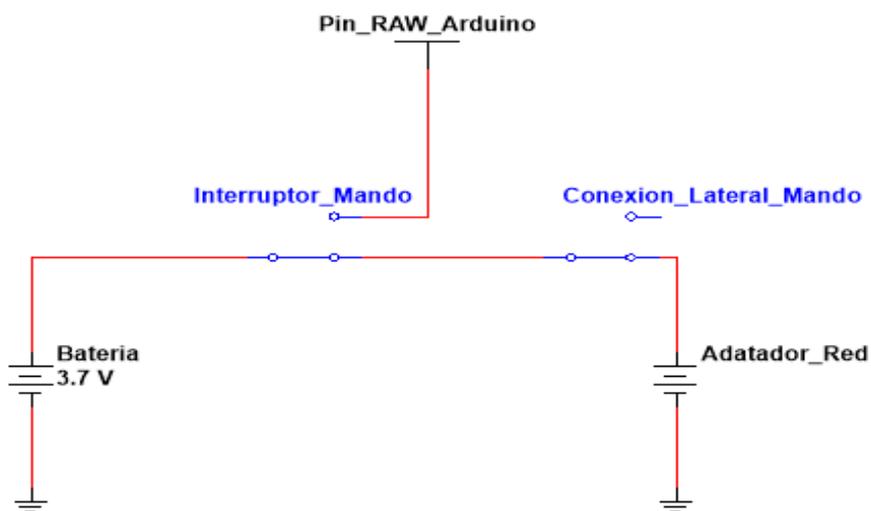


Figura 18. Batería cargando.



2.2.3. EMISOR RF433

Los módulos de comunicación por radiofrecuencia RF433MHz emisor y receptor nos van a permitir conectar dos Arduinos y que estos puedan comunicarse unidireccionalmente.

Para hacerlos funcionar se necesita la librería RadioHead

Características técnicas:

- Modelo: MX-FS-03V
- Voltaje de alimentación: 3.5-12V.
- Alcance: 20-200 metros dependiendo de los diferentes voltajes de alimentación.

Conexionado:

Tabla 10. Conexiones emisor RF.

Emisor RF	Arduino Pro Mini 3.3V
Pin VCC	Pin VCC
Pin GND	Pin GND
Pin DATA	Pin digital 12

Una vez cargados los programas y en ejecución, conectando el monitor serie de la aplicación Arduino con la placa receptora a 9600 baudios, se debería ver el mensaje que se está emitiendo desde la placa emisora.

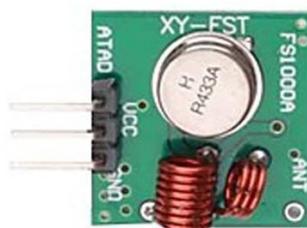


Figura 19. Emisor RF.

Extraída de: http://mla-s1-p.mlstatic.com/modulo-rf-transmisor-y-receptor-433-mhz-arduino-robotica-pic-20271-MLA20186866356_102014-F.jpg



2.2.4. MANDO

De acuerdo con el trabajo desarrollado, las conexiones que se deben realizar entre los pines del mando y Arduino (en este caso Arduino Pro Mini 3,3V) son las siguientes:

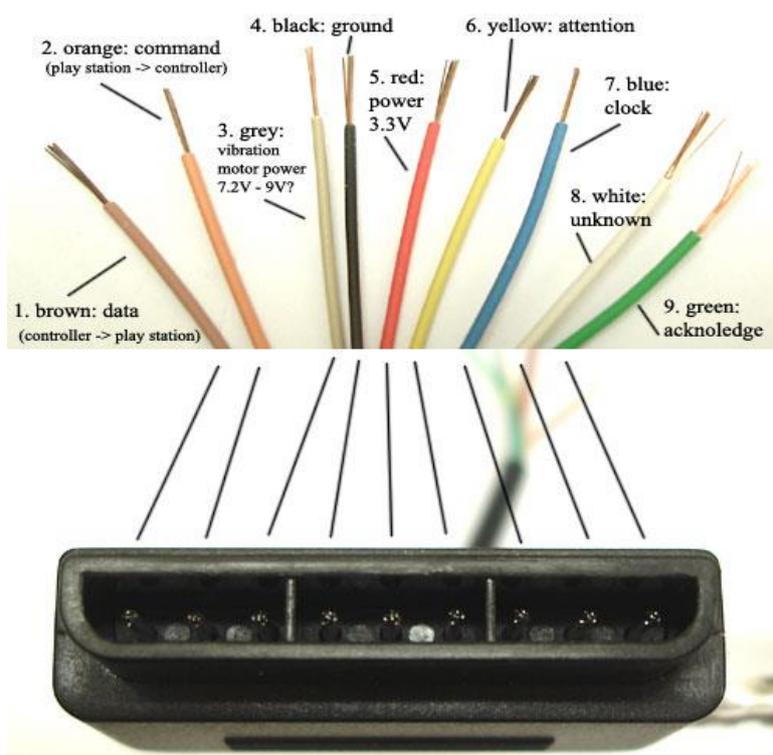


Figura 20. Conexiones mando PS2.

Extraída de: <http://store.curiousinventor.com/guides/PS2>

Tabla 11. Conexiones mando.

Mando PS2	Arduino Pro Mini 3.3V
Pin1. Data	Pin13
Pin2. Comando	Pin11
Pin4. Tierra	GND
Pin5. Vcc. 3,3V	RAW
Pin6. Attention(send)	Pin10
Pin7. Reloj	Pin9
Pin8	Sin conexión
Pin9	Sin conexión



Aunque el objetivo del trabajo es el funcionamiento del mando de la plataforma de videojuegos PS2 sin el cable, es decir, insertando para ello todos los elementos necesarios en su interior, primero se ha trabajado con el cable y con todos los componentes en el exterior para verificar su correcto funcionamiento.



Figura 21. Funcionamiento del mando con cable.

Una vez todo comprobado, se ha procedido a cortar el cable y realizar la inserción de los componentes en el interior del mando, para ello se ha, extraído los motores que dispone en sus laterales y en los espacios libres colocar la batería LiPo 100mA, el Arduino Pro Mini 3,3V y el emisor de radiofrecuencia. Además, se ha pelado el cable general del mando y los cables de su interior se han soldado a la placa de Arduino según las conexiones indicadas en la tabla.

Ya que la batería se encuentra en el interior del mando y una vez cerrado este no existe posibilidad de trabajar con ella, se ha abierto un hueco en el lateral del mando que posibilita la carga de batería. Además se ha realizado un circuito paralelo con el objetivo de proteger la placa de sobretensiones durante el proceso de recarga de la batería, a través de un interruptor (el cual conecta/desconecta la batería del Arduino) situado en la parte superior del mando mediante la apertura de un pequeño hueco en la parte superior del mando. Por otra parte la antena soldada al emisor RF433 se extrae por el hueco dejado por el antiguo cable.

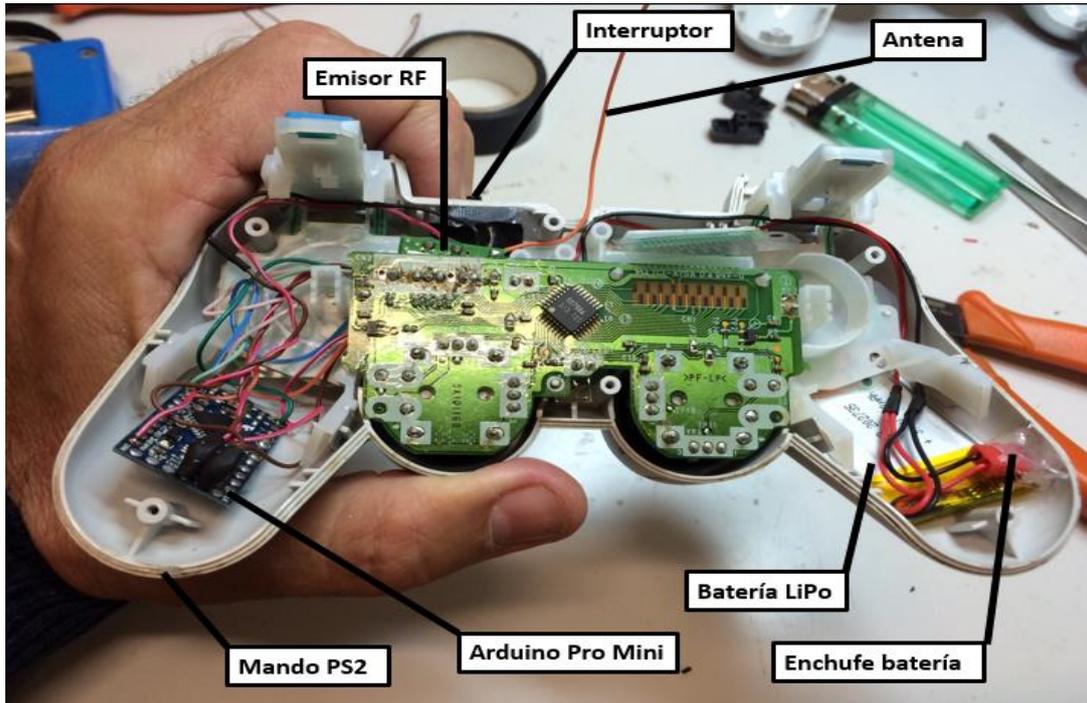


Figura 22. Interior del mando



Figura 23. Interruptor y conexión carga batería.



2.2.5. ESQUEMA DE CONEXIONES MANDO

Conexiones Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini 3.3V	Dispositivos
Pin13	Mando PS2 Pin1. Date
Pin11	Mando PS2 Pin2. Comando
GND	Mando PS2 Pin4. Tierra
RAW	Mando PS2 Pin5. Vcc. 3,3V
Pin10	Mando PS2 Pin6. Attention(send)
Pin9	Mando PS2 Pin7. Reloj
Pin VCC	Emisor RF Pin VCC
Pin GND	Emisor RF Pin GND
Pin digital 12	Emisor RF Pin DATA
Pin RAW	Batería LiPo 3.7V Pin Vcc
Pin GND	Batería LiPo 3.7V Pin Gnd

