

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

GRADO EN ING. SIST. DE TELECOM., SONIDO E IMAGEN



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Reestructurado y remodelado del producto de hardware libre Arduino Robot”

TRABAJO FINAL DE GRADO:

Autor:

Ivan Filipe Martins Faria

Tutores:

José Vicente Llario Sanjuan

Tomás Carlos Sogorb Devesa

Gandia, 2017

Resumen

Este proyecto plantea crear una plataforma móvil que mejora aspectos del Kit Arduino Robot. La plataforma se ha diseñado para formar parte del proyecto "Robot Social" de la EPSG. Esta plataforma pretende facilitar el movimiento sobre distintos tipos de terreno, evitando los obstáculos con los que se encuentre.

El sistema contendrá dos Arduinos, uno como maestro y otro como esclavo. La comunicación entre ellos se realizará mediante protocolo I²C. Este sistema permite ahorrar pines I/O que quedarán libres para otros módulos y sensores.

El Arduino maestro se encargará de tomar las decisiones a partir de la información obtenida de los módulos/sensores conectados. Dichas órdenes se enviarán al Arduino esclavo que controlará todos los motores de la plataforma.

PALABRAS CLAVE

Arduino, esclavo, maestro, Robot, Social, I²C.

SUMMARY

This project aims to create a mobile platform that improves aspects of the Robot Arduino Kit. The platform has been designed to be part of EPSG's "Robot Social" project. This platform aims to facilitate the movement on different types of terrain, avoiding the obstacles with which it is.

The system will contain two Arduinos, one as master and one as slave. The communication between them will be made through I²C protocol. This system saves I / O pins that will be free for other modules and sensors.

The master Arduino will make the decisions based on the information obtained from the connected modules / sensors. These orders will be sent to the slave Arduino that will control all the engines of the platform.

KEYWORDS

Arduino, slave, master, Social, Robot, I²C.

Contenido:

1.	Introducción	8
1.1.	Estado del arte	8
1.2.	Elección del sistema	11
1.3.	Proyecto robot social	12
1.4.	Planificación para el proyecto.....	13
1.4.1.	Objetivos	13
1.4.2.	Planificación de horas de trabajo	13
1.4.3.	Innovaciones que se pretenden llevar a cabo	13
1.4.4.	Estructura de la memoria del TFG	13
2.	Estructura y orugas de la plataforma móvil	14
2.1.	Estructura principal.....	14
2.2.	Estructura secundaria	15
2.3.	Orugas	15
2.4.	Peso de la estructura	16
2.4.1.	Peso de la plataforma superior	16
2.4.2.	Peso de la plataforma inferior	16
2.4.3.	Peso de las tapas frontal y trasera	17
2.4.4.	Peso total aproximado.....	17
3.	Funciones de los distintos Arduinos.....	18
3.1.	Funciones del Arduino esclavo	18
3.2.	Funciones del Arduino maestro.....	18
3.3.	Diagrama de bloques del hardware.....	18
4.	Cálculos de la potencia de los motores.....	20
4.1.	Datos de la estructura principal.....	20
4.2.	Cálculos de los motores de tracción principales	21
4.3.	Datos de los motores de tracción secundarios:	22
4.4.	Cálculos de los motores de tracción secundarios.....	22
4.5.	Datos de los motores para mover las extremidades:.....	23
4.6.	Cálculos de los motores para mover las extremidades.....	23
4.7.	Corriente consumida por los motores	23
5.	Descripción del funcionamiento de un puente H	24

5.1.	Especificaciones del L298N	26
6.	Batería y sistema de carga.....	28
6.1.	Capacidad de la batería.....	28
6.2.	Configuración de la batería.....	28
6.3.	Sistema de carga de la batería de Li-Ion por inducción.....	30
6.3.1.	Circuito de carga	31
7.	Circuito de inducción y bobina	33
8.	Función de medida de tensión	36
9.	Schematic de conexiones	38
9.1.	Simulador Proteus.....	40
10.	Software	41
10.1.	Descripción Protocolo I ² C.....	41
10.2.	Diagrama de bloques del software y descripción del mismo	42
11.	Presupuesto.....	44
12.	Conclusiones y futuras líneas de trabajo	45
12.1.	Conclusiones.....	45
12.2.	Futuras líneas de trabajo.....	45
13.	Bibliografía.....	47
14.	Anexos	51

1. Introducción

El objetivo de este proyecto consiste en la creación de una plataforma móvil con control motriz y gestión de la batería del robot para el proyecto “Robot Social”. No obstante, el diseño se ha pensado para que sirva como sistema motriz en otros proyectos.

En el proyecto se procederá a la modificación, tanto estructuralmente como electrónicamente, del kit Arduino robot. Éste consta de una pequeña plataforma en dos capas con dos motores de baja potencia, dos microcontroladores, varios botones, un display, etc.

Al finalizar el proyecto se barajan posibles ampliaciones futuras.

1.1. Estado del arte

El proyecto “Robot social” se basó en su comienzo en el Kit Arduino Robot. Éste proporciona una buena base para empezar en cualquier proyecto de robótica. Sin embargo, más tarde surgió la necesidad de crear una nueva plataforma móvil con mayor tamaño, mejor estabilidad y mayor potencia motriz.



Figura 1: Kit Arduino robot

Tras una extensa búsqueda de posibles plataformas, se escogen varias posibilidades; cada una de ellas con sus pros y contras. Entre éstas aparecen estructuras con ruedas u orugas, como se verá a continuación.

En primer lugar, se intentó dar con una estructura simple pero funcional.



Figura 2: Plataforma con ruedas de pequeñas dimensiones

El ejemplo de la figura 2 plantea demasiados inconvenientes como posible elección. En primer lugar, no se trata de una estructura estable como para soportar la futura estructura en su parte superior. Además, el sistema motriz no cuenta con la potencia necesaria requerida por el proyecto.

Vistos los inconvenientes mencionados anteriormente, se plantea la posibilidad de utilizar una plataforma con ruedas de mayores dimensiones para dotar de mayor estabilidad al robot. Finalmente se desecha la idea de utilizar ruedas convencionales, puesto que puede existir la necesidad de subir y bajar escaleras.



Figura 3: plataforma con ruedas de grandes dimensiones

Se plantea la idea de utilizar una plataforma con orugas simples, que proporcionan mayor estabilidad que las ruedas convencionales. No obstante, al tomar medidas en la EPSG, se observa la necesidad de dotarla con una plataforma de dimensiones extremadamente grandes para poder subir y bajar escaleras. Por tanto, se desecha esta posibilidad de diseño.



Figura 4: Robot de orugas simples

Tras descartar las anteriores posibilidades, se vuelve a realizar una búsqueda exhaustiva de plataformas y se encuentra un robot llamado Packbot de iRobot, controlado por satélite.

El Packbot es un robot destinado a asistencia militar. Cuenta con dos juegos de orugas, uno primario y otro secundario en la parte delantera. Puede ser lanzado en puntos calientes (zonas de peligro debido a ataques enemigos) para realizar misiones de reconocimiento. Ha sido utilizado en Irak y Afganistán; y puede ser equipado con todo tipo de herramientas para manipulación de cargas explosivas, así como cámaras y diversos sensores.



Figura 5: Packbot de iRobot

1.2. Elección del sistema

Tras analizar el sistema motriz del Packbot y utilizando las medidas realizadas en la EPSG para el diseño, se ha diseñado la siguiente estructura.

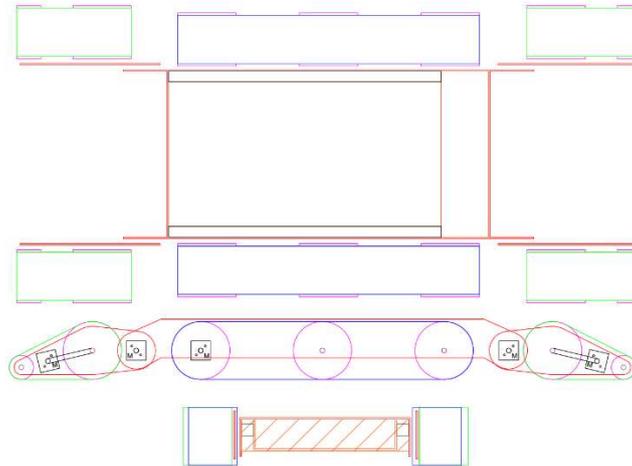


Figura 6: Plataforma con orugas secundarias delanteras y traseras

Con el diseño desarrollado se consigue mucha estabilidad, así como tracción total en escaleras y otros medios con cierto grado de inclinación.

Este diseño cuenta con influencias del robot aspirador Roomba. Así, el robot del proyecto del “Robot Social”, sabrá moverse sin chocar con obstáculos, evitará caer por escaleras y contará con una plataforma de carga por inducción a la cual volver, todo esto utilizando los módulos instalados en el proyecto “Robot Social”. La carga por inducción minimiza los posibles errores en el protocolo de posicionamiento en base, a diferencia del sistema con el que cuenta Roomba, que requiere contacto físico con el punto de carga.



Figura 7: Robot aspirador Roomba.

1.3. Proyecto robot social

El proyecto “Robot Social” comienza con la idea de crear un robot que amenice la estancia de niños y niñas en hospitales, a través del arte y la psicología.

El robot deberá conocer la estructura de la planta del hospital en la que trabaje, es decir, deberá contar con un mapa de la planta en su memoria. De esta manera podrá visitar a los pacientes.

Se pretende que el robot sea “educado”. Por tanto, deberá poder llamar a la puerta, pedir permiso para entrar, así como presentarse. También deberá ser capaz de entregar las medicinas a los pacientes y comprobar a través de sus cámaras la correcta toma de los mismos.

Por otra parte, podrá jugar con los pacientes a través de una tablet que permitirá a los niños/as dibujar y posteriormente imprimir sus obras. El robot será capaz de intervenir en el proceso de dibujo y rectificar si al autor no le gusta su intervención.

Cuando el niño/a termine su dibujo, o bien tras transcurrir un determinado tiempo, el robot deberá despedirse y asegurar que volverá al día siguiente para continuar con el dibujo, en el caso de que no haya sido finalizado. Este proceso deberá poder realizarlo con todos los pacientes de la planta.

El robot debe tener las siguientes funciones:

- Capacidad para moverse por toda la planta del hospital.
- Detección y evasión de obstáculos.
- Detección de emociones, tanto visualmente como auditivamente.
- Una inteligencia artificial suficientemente desarrollada para poder comprender a un/a niño/a y hablar con él/ella.
- Interacción con la Tablet adaptada al proyecto.
- Pantalla a la altura de los ojos para expresar emociones (ojos negros y tristes para cuando se sienta decaído por haber hecho algo mal, ojos azules cuando esté contento, ojos amarillos y en forma de estrella cuando este extremadamente contento, etc.).
- Base de datos de los pacientes, sus medicamentos y personal del hospital.
- Una conexión wifi entre el microcontrolador y la tablet.

1.4. Planificación para el proyecto

1.4.1. Objetivos

- Diseño de la estructura motriz.
- Cálculo de todos los parámetros necesarios para la parte de potencia.
- Búsqueda de un sistema de carga por inducción, así como su correspondiente batería para el proyecto.
- Búsqueda de un sistema puente entre la parte de control y la parte de potencia.
- Diseño e implementación del código necesario para el proyecto.

1.4.2. Planificación de horas de trabajo

- Diseño de las partes mecánicas (50 horas).
- Búsqueda del hardware (70 horas).
- Programación del microcontrolador Arduino (90 horas).
- Redacción de la memoria del trabajo fin de grado (150 horas).

Total: 360 horas

1.4.3. Innovaciones que se pretenden llevar a cabo

- 1) Sistema de carga por inducción.
- 2) Comunicación serie por medio del protocolo I²C con otros módulos o arduinos.
- 3) Modificación del sistema de tracción: tracción por medio del sistema de orugas, con orugas secundarias para sobrepasar la mayoría de los obstáculos que se pueda encontrar.
- 4) Maximización de puertos en el Arduino maestro disponibles para sensores.

1.4.4. Estructura de la memoria del TFG

Para poder calcular la batería hay que saber el consumo que tiene el sistema. Para saber qué consumo tiene, hay que calcular la fuerza que tienen que proporcionar los motores. Para saber que fuerza tienen que proporcionar los motores, hay que saber el peso que transportarán y la velocidad a la cual se pretende desplazar.

Con esto dicho, se comienza definiendo la estructura, la potencia de los motores, así como la etapa de control de potencia. Después, se calculan los parámetros de la batería y su configuración. Finalmente, se termina definiendo el sistema de carga de la misma.

2.2. Estructura secundaria

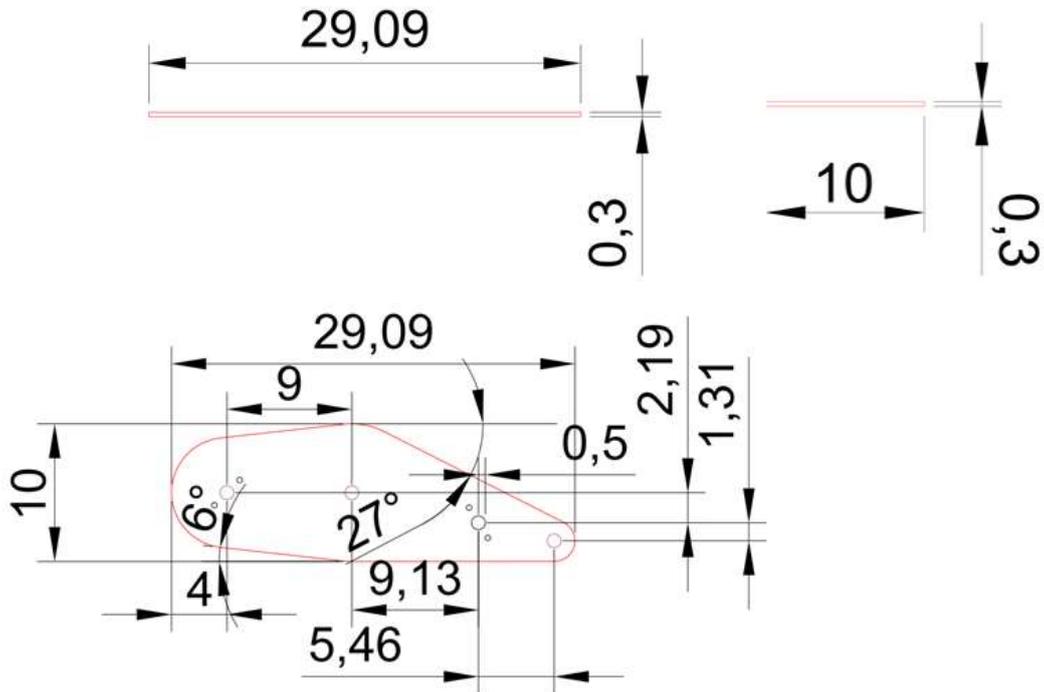
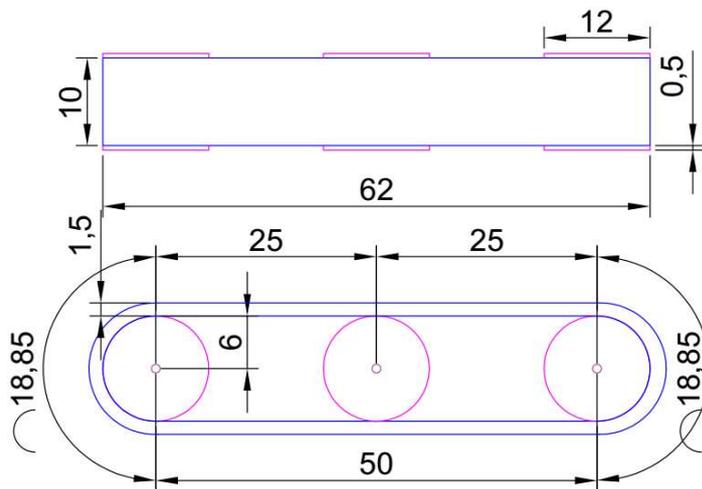


Figura 9: Estructura secundaria

2.3. Orugas

Orugas principales:



Orugas secundarias:

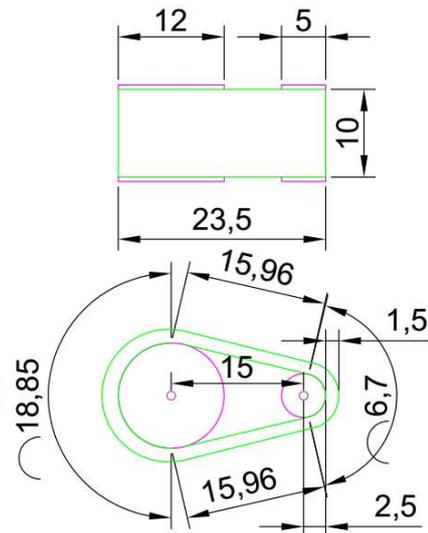


Figura 10: Orugas principales y secundarias

$$L_{orugas\ principales} = (18,85 + 50) \cdot 2 = 137,7\text{cm}$$

$$L_{orugas\ secundarias} = (2 \cdot 15,96) + 18,85 + 6,7 = 57,47\text{cm}$$

Las orugas tendrán un grosor de 1.5 centímetros y se crearán utilizando una impresora 3D con el fin de simplificar el ajuste de las piezas. El material a utilizar será filamento

FLEXIPRINT. A continuación, se procede al cálculo de la cantidad necesaria de filamento para la impresión.

$$V = (L_{\text{orugas principales}} \cdot 2 + L_{\text{orugas secundarias}} \cdot 4) \cdot \text{alto de la oruga} \cdot \text{ancho de la oruga} = \\ = ((137.7\text{cm} \cdot 2) + (57.47\text{cm} \cdot 4)) \cdot 1.5\text{cm} \cdot 10\text{cm} = 7579.2\text{cm}^3$$

Por lo que el peso total del filamento necesario es:

$$\text{Densidad del material} = \rho_{\text{FLEXIPRINT}} = 1.14 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Peso} = \rho_{\text{FLEXIPRINT}} \cdot V = 1.14 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 7579.2\text{cm}^3 = 8640.288\text{g} \approx 8.643\text{Kg}$$

2.4. Peso de la estructura

Es necesario calcular el peso que soportara el sistema motriz. Para ello, se necesita saber qué material se utilizará para la fabricación de la estructura.

Se elige el aluminio puro por su facilidad de obtención, su considerable resistencia; así como la reducción de peso que proporciona su utilización.

Especificaciones del material:

Material: Aluminio puro

Espesor: 3 mm

Densidad del material: 2580 $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

2.4.1. Peso de la plataforma superior

$$P_{ps} = \text{largo}[m] \cdot \text{ancho}[m] \cdot \text{espesor}[m] \cdot 2580 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] = \\ = \left(((663 \cdot 10^{-3} \cdot 344 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) + 2 \cdot (840 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3})) [m^3] \right) \cdot 2580 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] \approx 2.8055 [\text{Kg}]$$

2.4.2. Peso de la plataforma inferior

$$P_{pi} = \text{largo}[m] \cdot \text{ancho}[m] \cdot \text{espesor}[m] \cdot 2580 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] = \\ = ((560 \cdot 10^{-3} \cdot 288 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) + 2 \cdot (560 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) + \\ + (100 \cdot 10^{-3} \cdot 344 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}) + 2 \cdot (100 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3})) [m^3] \cdot \\ \cdot 2580 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] \approx 2.1276 [\text{Kg}]$$

2.4.3. Peso de las tapas frontal y trasera

$$P_{t1y2} = \text{largo}[m] \cdot \text{ancho}[m] \cdot \text{espesor}[m] \cdot 2580 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] =$$
$$= (2 \cdot (3 \cdot 10^{-3} \cdot 66.9 \cdot 10^{-3} \cdot 344 \cdot 10^{-3})) [m^3] \cdot 2580 \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \approx 0.35 [Kg]$$

2.4.4. Peso total aproximado

$$P_T \approx P_{ps} + P_{pi} + P_{t1y2} = 2.8055 + 2.1276 + 0.35 = 5.2831 [Kg]$$

El peso aproximado de la estructura es de 5.3 kg. No obstante, al plantearse la posibilidad de retirar material para sustituirlo por planchas de ABS, se estima que el peso final variará entre 4 y 4.5 kg. En un futuro se podrá añadir entre 3.5 kg y 4 kg de carga.

Por tanto, el peso aproximado de la estructura más la carga futura estará entre 7.5 y 8.5 kg.

Para el proyecto actual se calculará la potencia necesaria de los motores sin tener en cuenta la carga a añadir en un futuro.

3. Funciones de los distintos Arduinos

3.1. Funciones del Arduino esclavo

El Arduino medirá la tensión de la batería y enviará el valor de su carga al Arduino maestro, que actuará como control general.

Cuando se reciba la orden de movimiento desde el Arduino maestro, el Arduino esclavo la mantendrá hasta que se reciba una orden contraria.

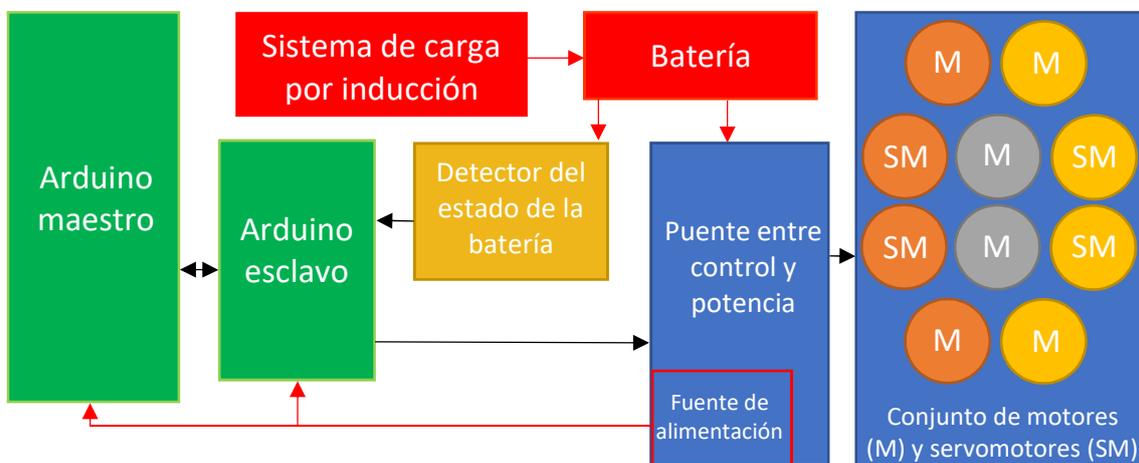
3.2. Funciones del Arduino maestro

El Arduino esclavo enviará el valor de tensión de la batería al Arduino maestro para saber cuándo tiene que volver a la base. Dicha base tiene un cargador por inducción para la carga de la batería.

El Arduino maestro enviará las ordenes de movimiento al Arduino esclavo, por medio del protocolo I²C.

Estableciendo así las funciones del Arduino maestro, se consigue liberar varios pines, como se verá en puntos posteriores.

3.3. Diagrama de bloques del hardware



El Arduino maestro será programado en el proyecto “Robot Social”, para controlar los módulos y sensores a instalar en un futuro. Además, podrá comunicarse con el Arduino esclavo para dar las órdenes de movimiento.

Entre el Arduino maestro y el esclavo existe una vía de comunicación bidireccional, basada en el protocolo I²C.

El detector del estado de la batería se encuentra conectado al Arduino esclavo, ya que el Arduino esclavo tiene unos márgenes de lectura de tensión entre 0 y 5

voltios. Con este detector, el Arduino esclavo lee el valor de tensión de la batería de 12 voltios para informar de la misma al Arduino maestro cuando éste lo solicite. El Arduino esclavo se encuentra conectado al puente entre control y potencia.

El sistema de carga por inducción será el encargado de cargar la batería cuando esté en la base.

La función del puente entre control y potencia es la de pasar de los márgenes de tensión del Arduino, a los de los motores; es decir, de entre 0 y 5 voltios a entre 0 y 12 voltios. También incluye una fuente de alimentación encargada de disminuir la tensión de 12 a 5 voltios, con el fin de alimentar a los dos Arduinos.

Los motores y servomotores están distribuidos por toda la estructura.

La batería es de 12 voltios y contará con la corriente necesaria para mantener el sistema funcionando durante dos horas.

4. Cálculos de la potencia de los motores

A continuación, se calcula el par mínimo necesario para el conjunto de estructura actual y componentes definidos en los apartados anteriores. Este cálculo se ha realizado repetidamente hasta ajustar el par necesario con tal de que sea posible transportar el peso completo de la estructura. Para el cálculo de la potencia de los motores se necesita saber el par motor y la velocidad angular que debe tener el mismo.

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre su eje.

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} \xrightarrow{\theta=90^\circ} M = r \cdot F \cdot \sin(90^\circ) = r \cdot F [N \cdot m]$$

La velocidad angular es el ángulo girado por una unidad de tiempo.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r} \left[\frac{rad}{s} \right]$$

Se ha de realizar una conversión de unidades, ya que la unidad por defecto para los motores son las revoluciones por minuto.

$$x \frac{rad}{s} = x \frac{rad}{s} \cdot \frac{1 rev}{2\pi rad} \cdot \frac{60 s}{1 minuto} = x \cdot \frac{60 rev}{2\pi min} = x \cdot \frac{60}{2\pi} rpm$$

La potencia del motor viene dada por el producto del par motor y la velocidad angular.

$$P = M \cdot \omega [W]$$

4.1. Datos de la estructura principal

Los siguientes datos han sido tomados y considerados a partir de las dimensiones de la estructura y la velocidad estipulada por el proyecto "Robot Social". Así, se deberá mantener la plataforma y la eficiencia de los motores. El proyecto "Robot Social" determina una velocidad para el robot tal que éste pueda acompañar a un niño. Por tanto, la velocidad media se ha decidido a partir de la de un humano andando, la velocidad media de un humano andando es de 3km/h.

Diámetro de la rueda en la oruga, $d = 12\text{cm} = 0.12\text{m}$

Eficiencia, $\eta = 95\%$

$$\text{Velocidad, } v = 3 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 3 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000\text{m}}{1\text{Km}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = \frac{30}{36} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.833333 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Peso}_{\text{estruc}} = 4.5\text{kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{bat}} = 0.6\text{kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{electronics}} = 0.2\text{kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{total}} = \text{Peso}_{\text{estruc}} + \text{Peso}_{\text{bat}} + \text{Peso}_{\text{comp}} = 5.3\text{kg}$$

Es necesaria la conversión del valor total de kilogramos a Newtons. El valor de la gravedad (g) terrestre es de $9,80665 \text{ m/s}^2$. Por tanto (y de acuerdo con la segunda ley de Newton: fuerza = masa \times aceleración), se obtiene: $1\text{kp} = 1\text{kg}_f = 1 \text{kg} \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 = 9,80665 \text{ N}$. Así, 1 kilogramo-fuerza o kilopondio equivale a 9,80665 N. [1]

$$\text{Peso}_{\text{total}} = 5.3\text{kg} \rightarrow f \approx 51.975\text{N}$$

4.2. Cálculos de los motores de tracción principales

Par del motor:

$$M = r \cdot F = \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \left(\frac{f}{\eta}\right) = \left(\frac{0.12[\text{m}]}{2}\right) \cdot \left(\frac{51.975[\text{N}]}{0.95}\right) = 3.2826 [\text{Nm}]$$

Velocidad angular del motor:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{V}{r} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right] = \left(\frac{60[\text{s}]}{2\pi[\text{rad}]}\right) \frac{V}{r} \left[\frac{\text{rev}}{\text{min}}\right] = \left(\frac{60}{2\pi}\right) \cdot \left(\frac{V}{\frac{d1}{2}}\right) = \left(\frac{60}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{0.833333}{0.12}\right) = \\ &= 132.63 [\text{rpm}] \end{aligned}$$

Potencia [2]:

$$\begin{aligned} P &= M \cdot \omega [\text{W}] = \left(\frac{2\pi[\text{rad}]}{60[\text{s}]}\right) \cdot M[\text{Nm}] \cdot \omega[\text{rpm}] = \\ &= \left(\frac{\pi[\text{rad}]}{30[\text{s}]}\right) \cdot 3.2826 \cdot 132.63 = 45.59 [\text{W}] \approx 45[\text{W}] \end{aligned}$$

Se necesita una potencia mecánica útil de, al menos, 45 W. Por tanto, cada motor requerirá 22.5 W cada uno. Se elegirán dos motores de 24 W para adaptarse a los estándares del mercado.

La estructura final cuenta con cuatro motores más de tracción (marcados en naranja), además de cuatro servomotores (marcados en azul) con movilidad de hasta 180°; cuya finalidad es mover las cuatro extremidades de la estructura.

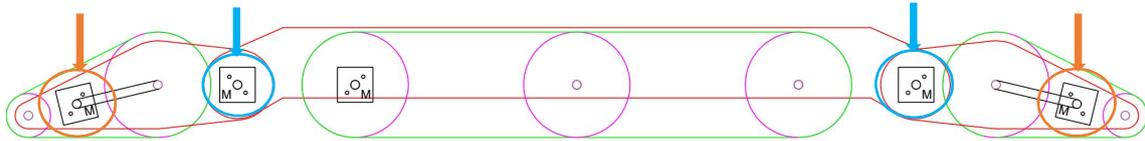


Figura 11: Estructura final con los distintos motores localizados

Los servomotores únicamente serán usados en situaciones en las que el robot se encuentre con un obstáculo, por lo que funcionarán a una velocidad mucho menor a la de los motores principales. No obstante, podrán darse situaciones en las que los servomotores deban sostener toda la estructura. A continuación, se procede al cálculo de los parámetros necesarios para cada motor.

4.3. Datos de los motores de tracción secundarios:

Casi todos los datos son iguales tanto para los motores primarios como los de las estructuras secundarias. El único cambio es la velocidad en las estructuras secundarias. Como los motores secundarios solo serán usados en contadas ocasiones y tienen que hacer movimientos más lentos, para tener más control, en el proyecto “Robot Social” se decidió que tuviesen la siguiente velocidad.

$$V = 0.072 \frac{Km}{h} = 0.072 \frac{Km}{h} \cdot \frac{1000m}{1Km} \cdot \frac{1h}{3600s} = 0.02 \text{ m/s}$$

Se decidió que esta velocidad era la idónea al calcular la distancia que se tendría que mover en el tiempo en que se realiza el movimiento.

4.4. Cálculos de los motores de tracción secundarios

Par del motor:

$$M = \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \left(\frac{F}{\eta}\right) = \left(\frac{0.12[m]}{2}\right) \cdot \left(\frac{51.975[N]}{0.95}\right) = 3.2826 \text{ [Nm]}$$

Velocidad angular del motor:

$$\omega = \left(\frac{60}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{V}{d1}\right) = \left(\frac{60[s]}{\pi[rad]}\right) \cdot \left(\frac{0.02 \left[\frac{m}{s}\right]}{0.12[m]}\right) = 3.1831 \text{ [rpm]}$$

Potencia [3]:

$$P = \left(\frac{\pi}{30}\right) \cdot M \cdot \omega = \left(\frac{\pi[\text{rad}]}{30[\text{s}]}\right) \cdot 3.2826 [\text{Nm}] \cdot 1.5915 [\text{rpm}] = 1.0942 [\text{W}] \approx 1 [\text{W}]$$

4.5. Datos de los motores para mover las extremidades:

Para el caso de los motores que controlarán el ángulo de posicionamiento de las estructuras secundarias, se necesita que la velocidad sea menor que los demás motores, proporcionando así un mayor control del mismo.

$$V = 0.018 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 0.018 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000\text{m}}{1\text{Km}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 0.005 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se decidió que esta velocidad era la idónea al calcular la distancia que se tendría que mover en el tiempo en que se realiza el movimiento.

4.6. Cálculos de los motores para mover las extremidades

Par del servomotor:

$$M = \left(\frac{d}{2}\right) \cdot \left(\frac{F}{\eta}\right) = \left(\frac{0.12[\text{m}]}{2}\right) \cdot \left(\frac{51.975[\text{N}]}{0.95}\right) = 3.2826[\text{Nm}]$$

Velocidad angular del servomotor:

$$\omega = \left(\frac{60}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{V}{d1}\right) = \left(\frac{60[\text{s}]}{\pi[\text{rad}]}\right) \cdot \left(\frac{0.005 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]}{0.12[\text{m}]}\right) = 0.7958 [\text{rpm}]$$

Potencia [4]:

$$P = \left(\frac{\pi}{30}\right) \cdot M \cdot \omega = \left(\frac{\pi[\text{rad}]}{30[\text{s}]}\right) \cdot 3.2826 [\text{Nm}] \cdot 0.7958 [\text{rpm}] = 0.2736 [\text{W}] \approx 0.3 [\text{W}]$$

La suma de las potencias de todos los motores es:

$$P_{total} = 45 + (4 \cdot 1) + (4 \cdot 0.3) = 50.2 [\text{W}]$$

4.7. Corriente consumida por los motores

Para una tensión de doce voltios, el consumo o corriente consumida por los motores será de:

$$I_{max} = \frac{W}{V} = \frac{50.2 [\text{W}]}{12 [\text{V}]} = 4.1833 [\text{A}]$$

5. Descripción del funcionamiento de un puente H

Para describir el funcionamiento de un puente H, primero hay que describir cómo funciona un transistor.

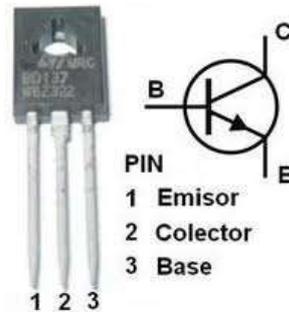


Figura 12: Transistor NPN

El transistor consta de tres partes dopadas, puede ser PNP o NPN (N son portadores de carga Negativa y P son donde se generan los portadores de carga Positiva o «huecos»). Cada una de ellas tiene una patilla asignada: colector (C), base (B), emisor (E). El transistor puede tener 3 estados posibles en su trabajo dentro de un circuito:

- En activa: deja pasar más o menos corriente dependiendo de la corriente en B.
- En corte: si la diferencia de tensión entre B y E es cero, no se produce un paso de corriente desde E hacia C, se comporta como un interruptor abierto entre E y C.
- En saturación: si hay la corriente en la base sobrepasa la de la zona activa en B, se produce el paso de máxima corriente desde E hacia C, se comporta como un interruptor cerrado entre E y C.

Un Puente en H es uno de los circuitos electrónicos que permiten controlar la corriente y tensión en una carga. [5]

El circuito usado en un puente en H es el siguiente:

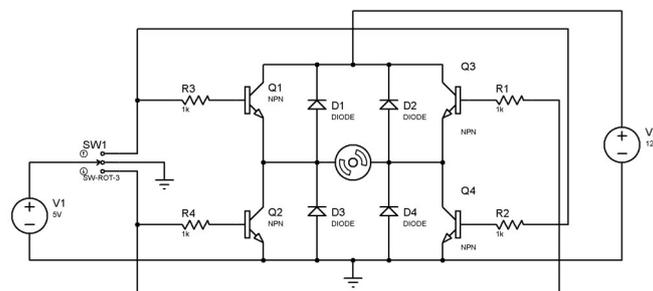


Figura 13: Puente en H

Cuando el interruptor está en la posición central, no hay tensión aplicada a la base de los transistores y éstos permanecen en estado de corte. Los transistores se utilizan como interruptores y como dispositivos de control.

Cuando se coloca el interruptor en la primera posición (la superior), la corriente fluye de la siguiente forma:

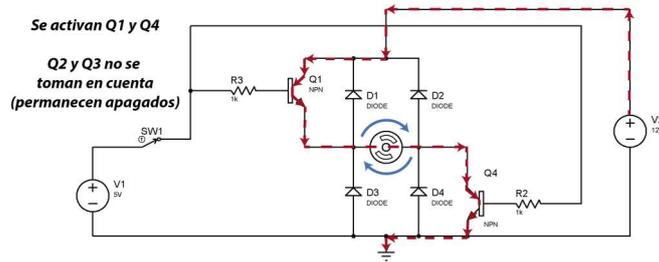


Figura 14: Puente en H, movimiento a derecha

La corriente fluye a través de Q1 y Q4. El motor gira en sentido horario.

Si se cambia de posición el interruptor entonces el motor gira en sentido anti horario.

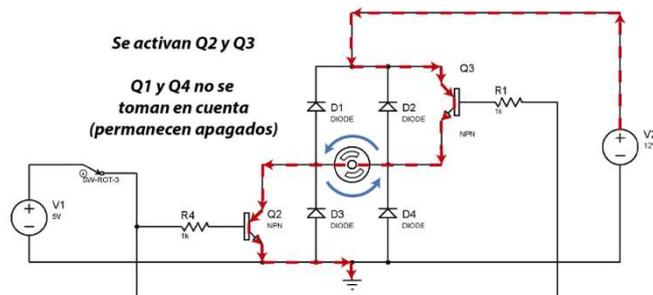


Figura 15: Puente en H, movimiento a izquierda

En este proyecto se utiliza una estructura simétrica en lo que a motores se refiere. Por tanto, se ha buscado un puente H que pueda manejar dos motores a la vez sin complicaciones.

Con esto dicho se empezó con la búsqueda de un componente que satisficiera las características del proyecto. La búsqueda dio como resultado el módulo Driver dual para motores (Full-Bridge) - L298N, el cual lleva integrados dos puentes H. [6]

5.1. Especificaciones del L298N

El módulo cuenta con todos los componentes necesarios para funcionar sin necesidad de elementos adicionales, entre ellos: diodos de protección y un regulador LM7805, que suministra 5V a la parte lógica del integrado L298N. Cuenta con jumpers de selección para habilitar cada una de las salidas del módulo (A y B). La salida A está conformada por OUT1 y OUT2 y la salida B por OUT3 y OUT4. Los pines de habilitación son ENA y ENB, respectivamente. En la parte inferior se encuentran los pines de control del módulo, marcados como IN1, IN2, IN3 e IN4.

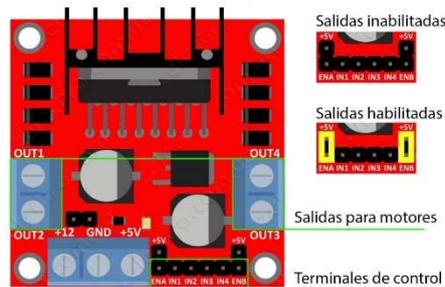


Figura 16: L298N, pines de entrada/salida y activadores de puertos

Este módulo se puede alimentar de 2 maneras gracias al regulador integrado LM7805.

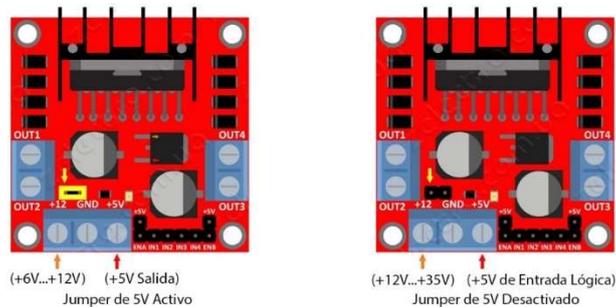


Figura 17: L298N, entradas/salidas de tensión y jumper de activación de fuente

Cuando el jumper de selección de 5V se encuentra activo, el módulo permite una alimentación de entre 6V a 12V DC. Como el jumper se encuentra activo, el pin marcado como +5V tendrá un voltaje de 5V DC. Este voltaje se puede usar para alimentar la parte de control del módulo ya sea un microcontrolador o un Arduino, pero se recomienda un consumo no mayor a 500 mA.

Cuando el jumper de selección de 5V se encuentra inactivo, el módulo permite una alimentación de entre 12V a 35V DC. Como el jumper no está haciendo contacto, tendremos que conectar el pin de +5V a una tensión de 5V para alimentar la parte lógica del L298N. Normalmente esta tensión es la misma que en la parte de control, ya sea un microcontrolador o Arduino.

En la siguiente figura se muestra la configuración para poder usar el puerto B desde los pines IN3 y IN4, con la debida habilitación de puerto.

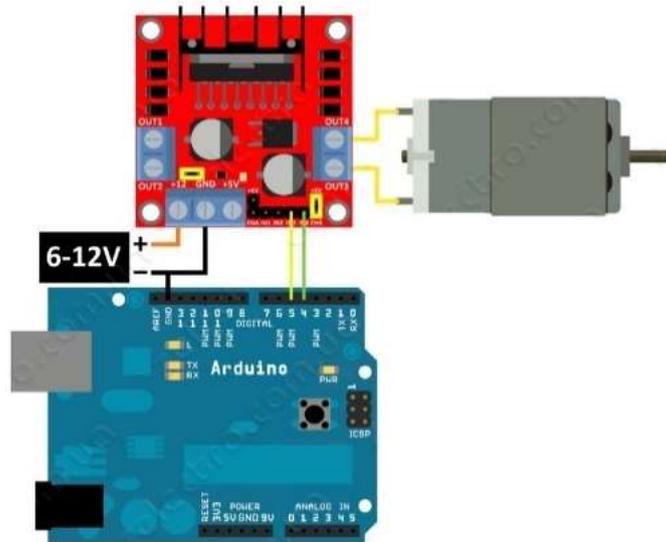


Figura 18: L298N, configuración para habilitar el puerto B

6. Batería y sistema de carga

Se ha realizado una búsqueda de varios tipos de batería. De entre las encontradas, una de las que tenía mejores especificaciones era la batería del modelo 18650. Este tipo de baterías se utiliza en equipos que requieren alta capacidad. Su formato estándar permite reemplazar las celdas fácilmente, en caso de desgaste por uso u otras condiciones. Además, son baratas y ligeras y se pueden realizar varias combinaciones para cumplir con las especificaciones de cualquier proyecto planteado.

6.1. Capacidad de la batería

Es necesario conocer la capacidad de la batería para cumplir con los requisitos de tensión y capacidad del proyecto.

Para el cálculo de la capacidad de la batería se asumirá una duración de dos horas, con la corriente calculada anteriormente. [7]

La duración de una batería viene dada por la siguiente fórmula.

$$Duracion_{bat} [h] = \frac{Capacidad_{bat} [Ah]}{Consumo_{circuito} [A]}$$

Al despejar la capacidad de la batería de la ecuación se tiene la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} Cap_{bat} [Ah] &= Consumo_{del\ circuito} [A] \cdot Duracion_{de\ la\ bateria} [h] = \\ &= I_{max}[A] \cdot Duracion_{de\ la\ bateria} [h] = \\ &= 4.1833 [A] \cdot 2[h] = 8.366[Ah] \approx 8.4[Ah] \end{aligned}$$

6.2. Configuración de la batería

Sabiendo que necesitamos una batería con una tensión de 12V y con una capacidad de 8.4Ah, se procederá a hallar la configuración necesaria para cumplir con estos requisitos. [8]

Sabiendo que cada una de las celdas tiene una tensión de 3.7V y una capacidad de 2Ah, se quiere tener una batería de 12V a 8.4Ah.

Si se tienen fuentes de tensión fijas y se necesita una fuente total de mayor voltaje, se conectan en serie y así se suman las tensiones de cada fuente. En el caso de querer aumentar la corriente se conectan en paralelo, para que se sumen sus corrientes. Así, si se necesita conocer el número de fuentes de una determinada tensión necesarias, se debe dividir la tensión deseada por la de las fuentes, en caso de que todas suministren la misma tensión.

Numero de celdas para alcanzar la tensión necesaria:

$$N^{\circ} \text{ celdas}_{serie} = \frac{V_{nominal \text{ requerido}}}{V_{cell}} = \frac{12}{3.7} = 3.24 \text{ celdas}_{serie}$$

Dado este resultado, se deberá contar con cuatro celdas en serie. Esto causará que la tensión sea superior a 12V, concretamente 14.8V. No obstante, esto no supondrá un inconveniente, ya que la base de carga por inducción será alimentada a 12V, con lo que se recibirán 12V en el receptor del sistema de carga por inducción, esto hará que la tensión máxima a la que se cargara la batería será de 12V.

Número de celdas para alcanzar la capacidad necesaria:

$$N^{\circ} \text{ celdas}_{paralelo} = \frac{Cap_{requerida}}{Cap_{cell}} = \frac{8.4}{2} = 4.2 \text{ celdas}_{paralelo}$$

Para conseguir la capacidad necesaria, se deberá contar con 5 celdas en paralelo. Así, se tendrá más capacidad de la requerida para el tiempo establecido de funcionamiento. En este caso, se tendrán 10Ah, aunque tampoco constituirá un inconveniente para el proyecto; ya que únicamente se aumentará la duración total de la batería.

Para saber el número total de celdas con las que contará la batería es necesario hacer el producto entre el número de celdas en paralelo y las celdas en serie.

$$N^{\circ} \text{ celdas de bateria} = N^{\circ} \text{ celdas}_{serie} \cdot N^{\circ} \text{ celdas}_{paralelo} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ celdas}$$

Por tanto, se tendrá que usar la siguiente distribución de celdas para formar la batería:

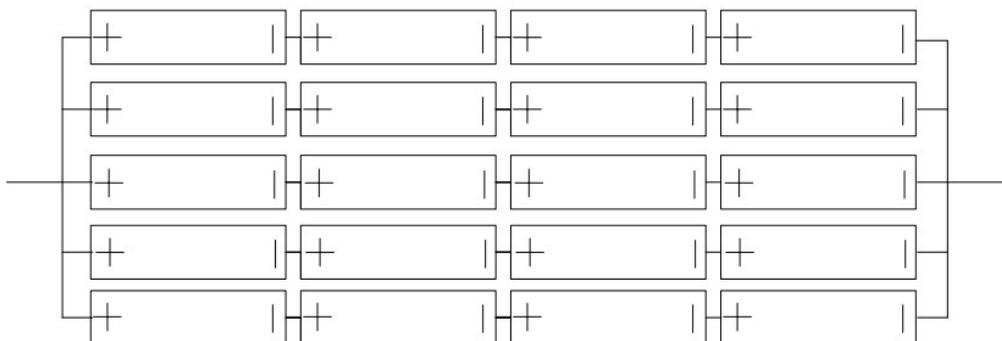


Figura 19: Configuración física de la batería

6.3. Sistema de carga de la batería de Li-Ion por inducción

Existe un método de carga para cada tipo de batería. En este caso, como se usarán baterías de Li-Ion, se utilizará el método correspondiente.

El proceso de carga se compone de tres fases diferentes:

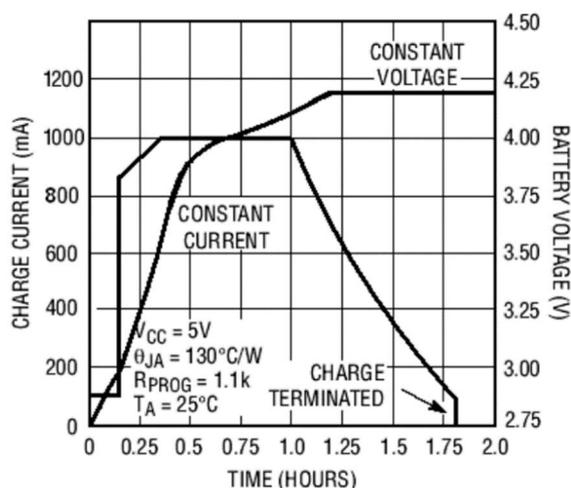


Figura 20: Ciclo de carga de una batería 18650

1) Incremento de la tensión con corriente constante:

La batería empieza cargando a una corriente mínima que va subiendo hasta la seleccionada. La tensión de la batería también se incrementa. Esta fase es de muy corta duración y en algunos cargadores no llega a ser notable.

2) Incremento de corriente y tensión:

Cuando se ha alcanzado la corriente de carga seleccionada, la tensión aumenta hasta los 3.6 V por celda. Ésta es la fase de carga que proporciona una larga vida a la batería. La batería habrá cargado aproximadamente el 80% de su capacidad al terminar esta fase.

3) Disminución de la corriente con tensión constante:

Una vez alcanzada la tensión máxima, la corriente de carga empieza a bajar lentamente sin que en ningún momento se exceda esta limitación. Cuando la corriente de carga baja al mínimo del cargador, normalmente a 100mA, el proceso de carga finaliza. Esta fase no es tan larga como la anterior y completa el último 20% aproximado de la capacidad de la batería. Al bajar la corriente, el proceso se ralentiza.

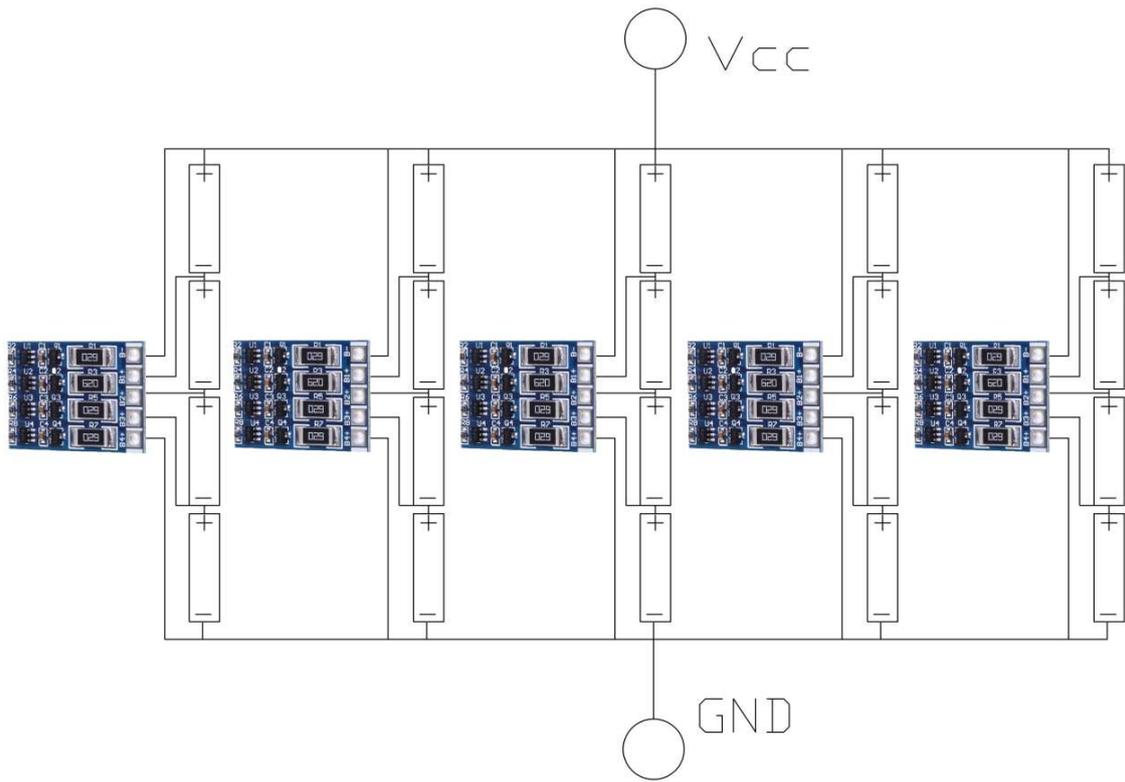


Figura 23: Configuración de los módulos reguladores de la carga

7. Circuito de inducción y bobina

La carga por inducción es una de las mejoras planteadas para el modelo “Arduino Robot”. Realizando esta mejora, no se requerirá interacción humana para cargar la batería.

El fenómeno llamado acoplamiento inductivo resonante es el que hace que se transmita energía de una bobina a la otra. Este fenómeno también ocurre en un transformador.

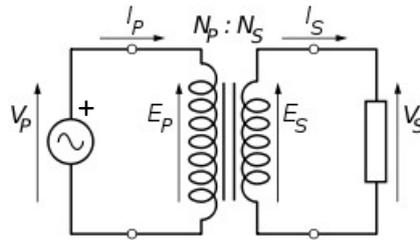


Figura 24: Transformador simple

Un transformador consiste en dos bobinas de conductor, acopladas magnéticamente, aisladas la una de la otra. En la mayoría de transformadores, los cables están enrollados alrededor de una estructura de hierro, el núcleo. La bobina primaria está conectada a la fuente de corriente alterna, que produce un campo magnético constantemente variable alrededor de la bobina. Así, se produce un campo magnético que provoca una corriente alterna en la bobina secundaria. Entre las dos bobinas hay una relación que viene dada por un factor N . Éste es la relación del número de vueltas de la bobina primaria entre el número de vueltas de la bobina secundaria.

$$N = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Con un sistema de carga por inducción cambia el “núcleo”. En este caso no hay núcleo, con lo que, aunque el factor fuese de 1 no se podría tener la misma corriente en la segunda bobina.

Con el circuito de carga por inducción EF03093 se cumplen las especificaciones ya mencionadas, necesarias para el proyecto. [10]

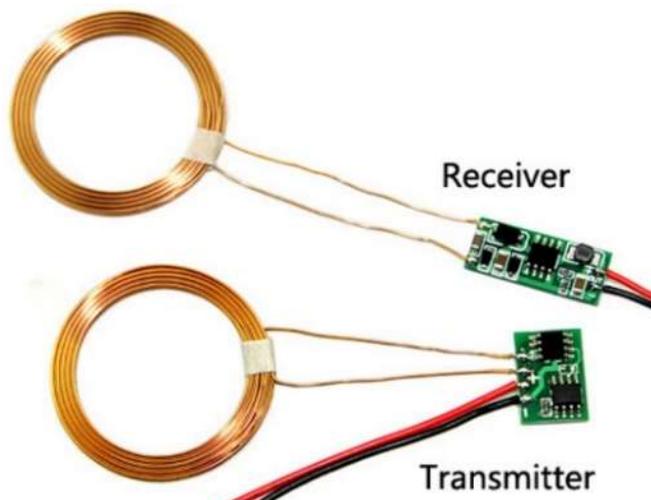


Figura 25: Circuito inductor/inducido modelo EF03093

Este modelo tiene las siguientes especificaciones:

Tensión de entrada: 12V DC

Tensión de entrada (límite máximo): 13.5V DC

Tensión de salida: 12V DC

Corriente de salida (máxima): 600mA

Inductancia de la bobina de transferencia: 30uH

Distancia de transmisión-recepción: 1-20mm

Dimensiones del transmisor: 12x7x1mm

Dimensiones del receptor: 15x10x1mm

Diámetro de la bobina: 38mm

Anchura de la bobina: 2m

Las conexiones a realizar para el correcto funcionamiento del proceso de cargado son las siguientes.

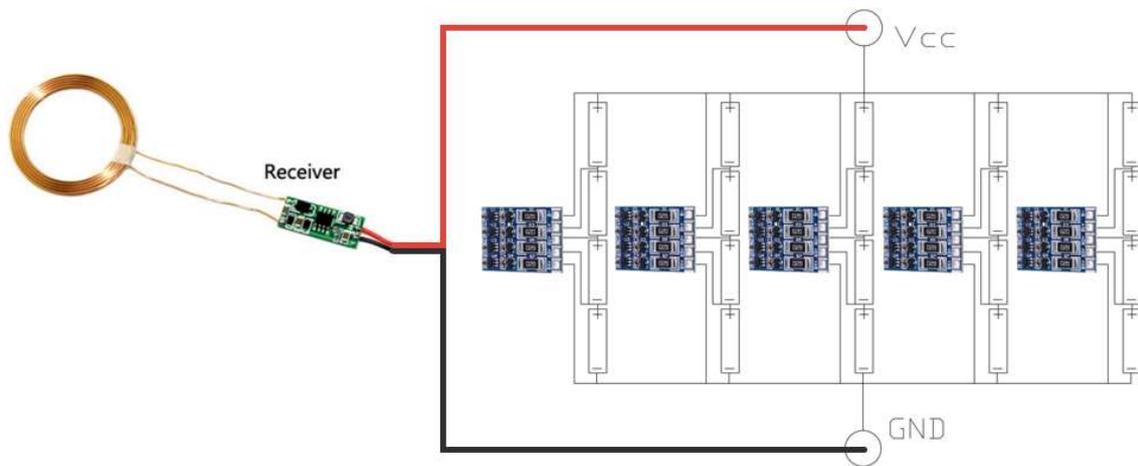


Figura 26: Conexiones entre el circuito inductivo receptor y la batería

8. Función de medida de tensión

Se trata de una función esencial para el robot, ya que si la batería baja de un cierto nivel, éste no contará con la energía necesaria para volver a la base de carga.

Hay una limitación en cuanto al margen de funcionamiento del Arduino, ya que cuenta con un margen de tensiones de entre 0 y 5 voltios.

Para resolver este problema se opta por usar un divisor de tensión para pasar de 12 voltios máximos a 5 voltios. Un divisor de tensión normal con resistencias produciría un consumo continuo en la batería, por lo que se opta por un divisor de tensión capacitivo.

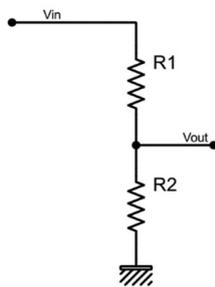


Figura 27: Divisor de tensión basado en resistencias.

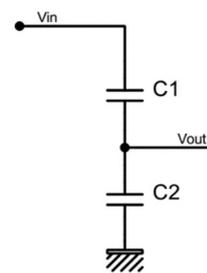


Figura 28: Divisor de tensión basado en condensadores.

Datos:

$$V_{in} = 12V$$

$$V_{out} = 5V$$

$$C_1 = 1nF$$

Según teoría de circuitos la ecuación para obtener la tensión en el punto V_{out} es la siguiente:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{\frac{1}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

Despejando de la ecuación el valor de C_2 :

$$\begin{aligned} C_2 &= C_1 \cdot \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) = 1nF \cdot \left(\frac{12v}{5v} - 1 \right) = 1nF \cdot (2.4 - 1) = \\ &= 1nF \cdot 1.4 = 1.4nF \end{aligned}$$

Con este valor se tendrá como máximo una tensión de 5 voltios en V_{out} .

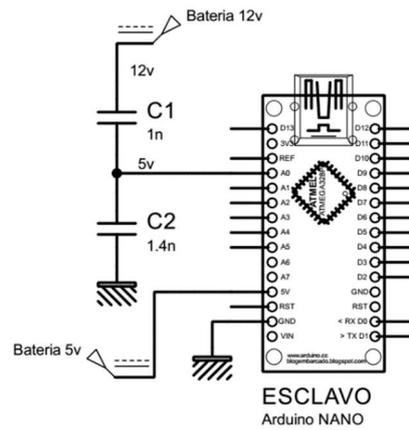


Figura 29: Divisor de tensión final

El Arduino tiene una función en sus puertos analógicos llamada “analogRead()”. Ésta devuelve un valor de entre 0 y 1023, que corresponde con los valores entre 0 y 5 V de tensión.

9. Schematic de conexiones

La siguiente figura es el esquema de conexiones de todos los componentes.

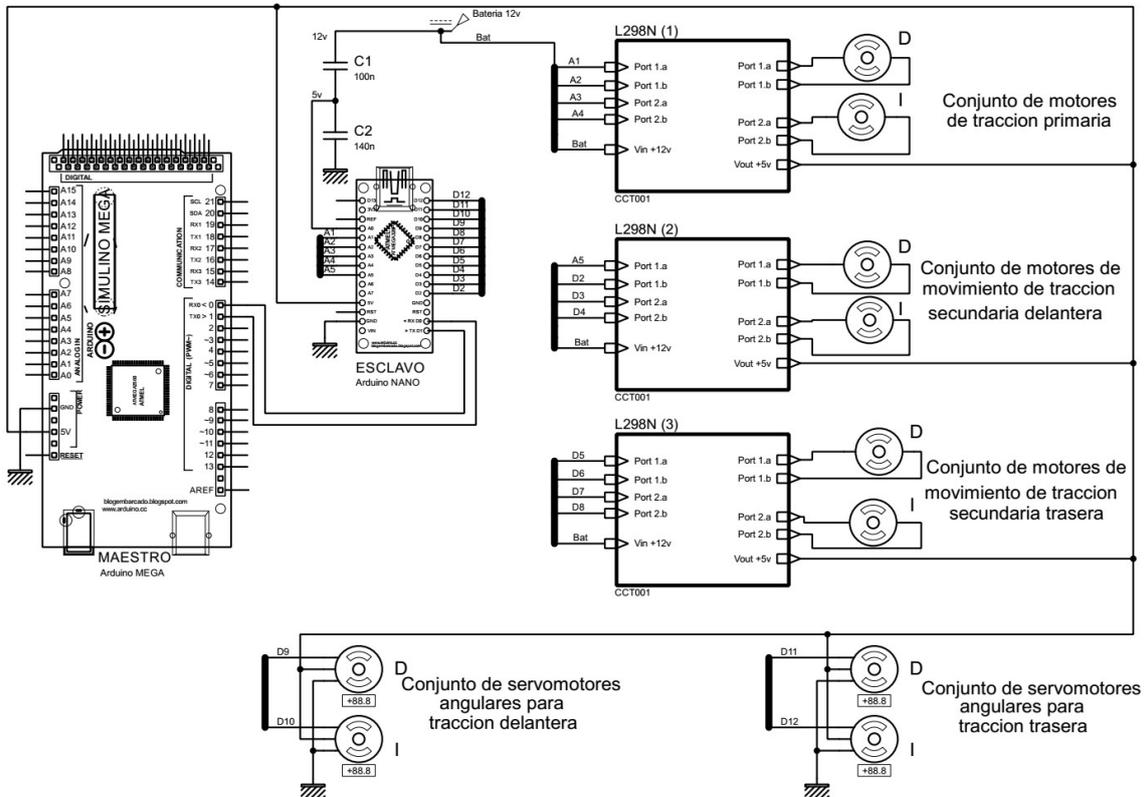


Figura 30: Esquema de conexiones

En la figura anterior se observa la manera de conectar cada componente para que todo funcione correctamente. Nótese la conexión del Arduino maestro, que cuenta únicamente con un par de cables que participan en el protocolo I²C; además de la alimentación. De esta manera se consigue cumplir con uno de los retos del proyecto: dejar el Arduino maestro con la máxima cantidad de pines libres para módulos y/o sensores.

Por otra parte, el Arduino esclavo tiene conectado el divisor de tensión capacitivo, además de tres módulos L298N, conectados a través de un bus, que sirven para los tres pares de motores de tracción: tracción primaria (dos motores), tracción secundaria delantera (dos motores). También se conectan dos pares de servomotores (motores angulares), un conjunto de motores para los ejes de las orugas delanteras, y otro para los ejes de las orugas secundarias traseras.

Los módulos L298N están conectados con los motores y alimentados directamente desde la batería de 12 voltios. Cuentan, además, con una de las configuraciones vistas anteriormente; de forma que se consigue una fuente de alimentación de 5 voltios en uno de los bornes, alimentando así los dos Arduinos.

Dentro del módulo L298N se encuentra el siguiente circuito.

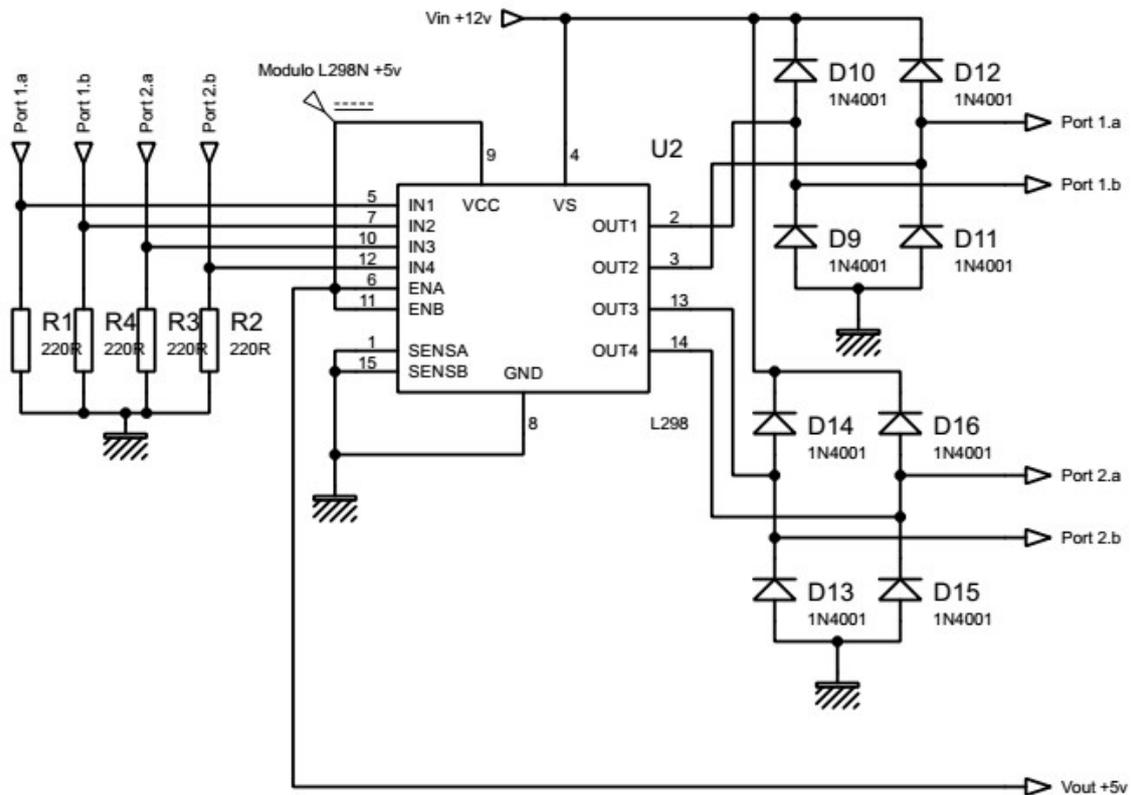


Figura 31: Conexiones del módulo L298N

Al alimentar el módulo L298N con los 12 voltios suministrados por la batería, se consigue que la fuente de alimentación interna de 5 voltios se ponga en funcionamiento. Así se consigue que la parte de control (los Arduinos) se ponga en funcionamiento.

Este integrado equivale a tener dos puentes H, como los descritos anteriormente, en un único bloque. El pin IN1 y el pin IN2, en conjunto con el pin OUT1 y el pin OUT2, constituyen un puente H individual, separado del que constituyen los pines IN3 e IN4 con los pines OUT3 y OUT4.

9.1. Simulador Proteus

Todos los esquemas de conexiones y simulaciones se han realizado con el simulador de circuitos Proteus.

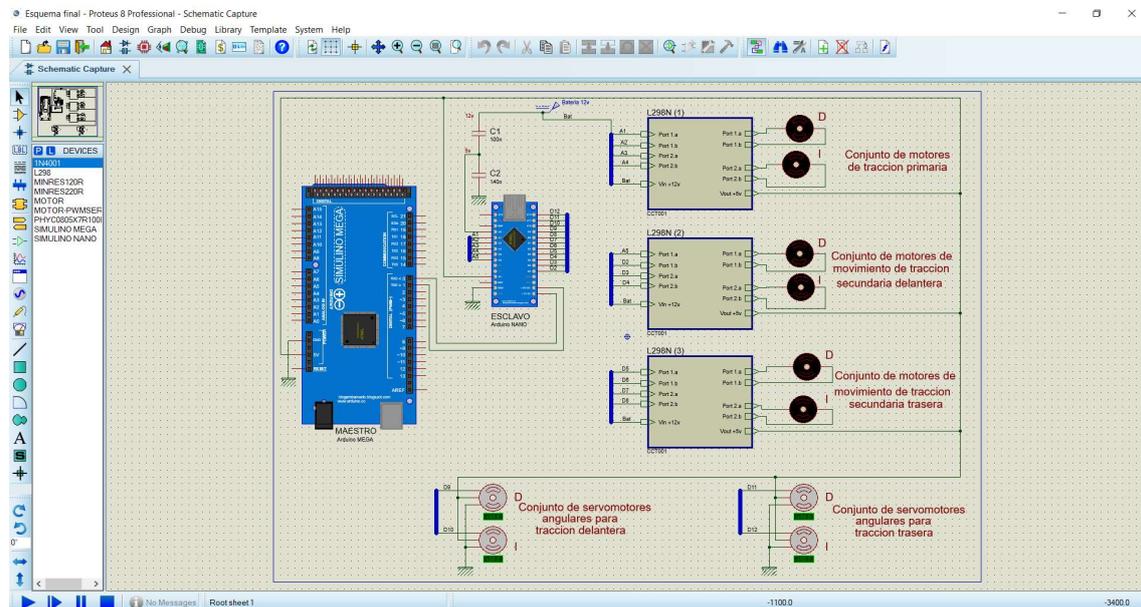


Figura 32: Simulador Proteus

Cabe destacar que, al tener la versión de demostración, no se han podido simular todos los bloques de código a la vez. Se han simulado por bloques sin ningún problema.

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción. Ayuda muchísimo en la depuración de errores al poder comprobar que todo va bien casi desde el inicio.

Es muy visual, ya que todo componente simulable posee animaciones para cada tipo de estado, o tiene información en el mismo pin, que indica si hay cinco voltios (rojo), si hay cero voltios (azul), indefinido (gris) y/o alta impedancia (amarillo), entre otros indicadores.

Aunque viene con una gran cantidad de librerías en las que se pueden encontrar casi cualquier dispositivo o integrado común, también se le pueden añadir librerías creadas por usuarios que trabajan en áreas más específicas, para así facilitar el trabajo a los nuevos usuarios en Proteus.

10. Software

10.1. Descripción Protocolo I²C

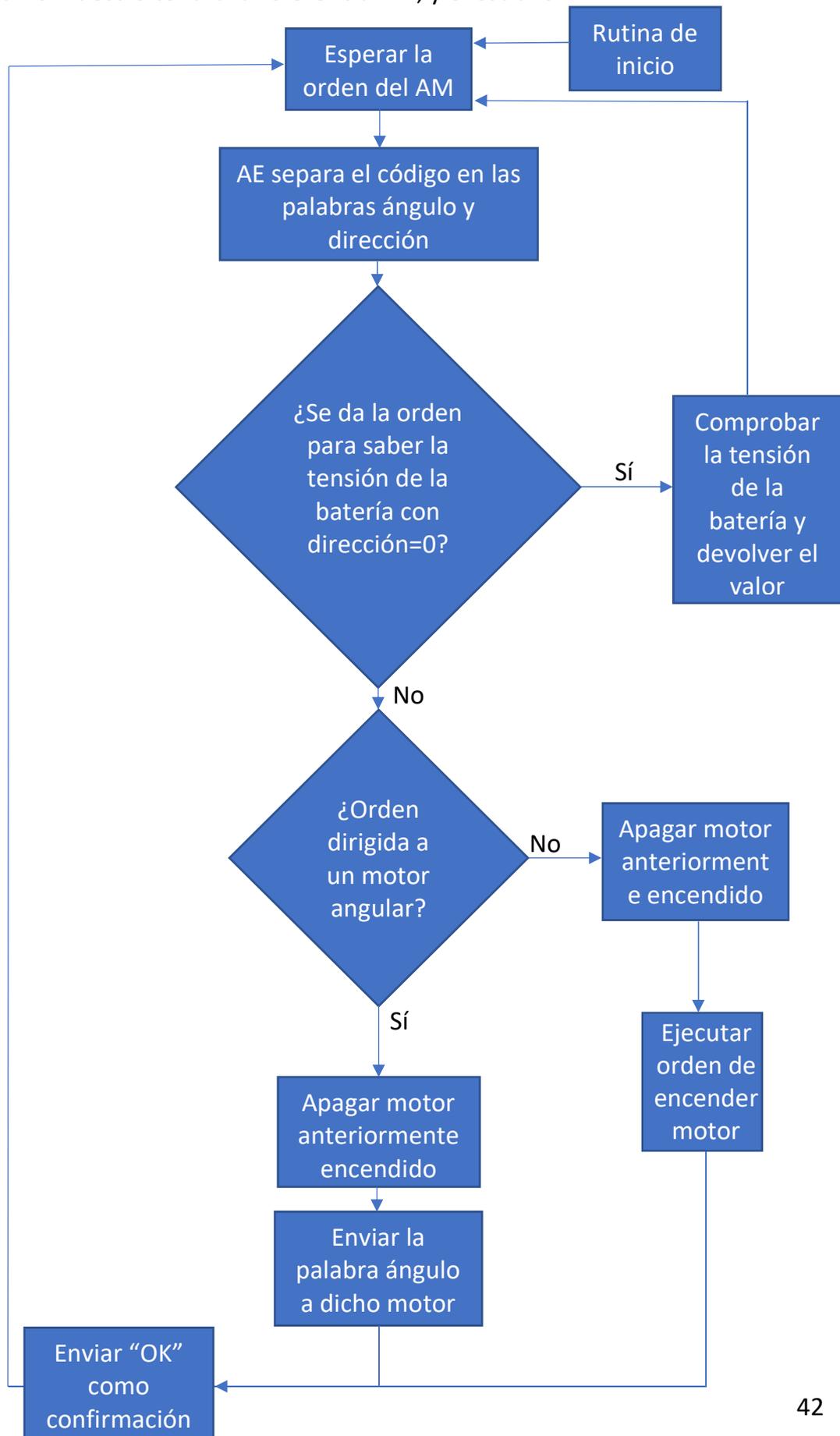
El bus I²C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos; sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo. La metodología de comunicación de datos del bus I²C es en serie y síncrona. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos. [11]

En el proyecto, la comunicación será bidireccional. Cuando el Arduino maestro envíe una orden, el Arduino esclavo devolverá un “OK” como confirmación.

El tamaño de palabra es de 8 bits. Éstos se descomponen en 4 bits para el ángulo (los de mayor peso) y otros cuatro para comunicar a qué motor se dirige. Si la orden va dirigida a un motor de tracción, la variable “ángulo” indicará en qué sentido tiene que girar el eje del motor. En cambio, si se dirige a uno de los servomotores (motores angulares), se moverán un ángulo determinado.

10.2. Diagrama de bloques del software y descripción del mismo

El Arduino maestro tendrá la referencia *AM*, y el esclavo *AE*.



El código cuenta con cuatro acciones principales.

1. Rutina de inicio.
2. Medida del valor de tensión en la batería.
3. Encender motor de tracción.
4. Encender servomotor angular.

Las palabras entre comillas son palabras que forman parte del código. Dichas palabras no pueden tener acentos, y para dar sentido a lo que se refieren, se suelen unir varias palabras, obligando a que la primera letra de la siguiente palabra sea una mayúscula.

La rutina de inicio se realizará siempre que se conecte, después de un apagado. Se utiliza para que el técnico que esté haciendo el mantenimiento pueda encontrar fallos lo antes posible. Consta de una serie de sencillos movimientos de las orugas secundarias.

Al recibir una palabra, que será guardada en la variable `orden`, ésta se separa en dos. Los cuatro bits de mayor peso se pasan a la variable `"angulo"` que, como su nombre indica, es el ángulo que se le envía al servomotor angular.

Los otros cuatro bits se guardan en la variable `"ordenDeMovimiento"` para decir qué hay que hacer en cada caso. Existen diez casos posibles, uno para el control de cada uno de los motores en el código, y al entrar en cada uno de ellos se observa el ángulo anterior a la orden y, dependiendo de éste, el motor girará hacia un sentido o hacia otro.

Después de cumplir la orden, se devuelve un `"OK"` o el valor de la tensión, según la palabra orden enviada al Arduino esclavo.

11. Presupuesto

Después de buscar en varias páginas web y en locales físicos de Gandia, se ha llegado al siguiente presupuesto para una unidad, sin beneficio empresarial y sin contar la mano de obra.

Artículo:	Cantidad	€/ud.	Precio final
Estructura de aluminio	5.3 kg	18.41 €/kg	97.57 €
Orugas (impresas en impresora 3D, ABS)	5.255 kg	15.95 €/kg	83.81 €
Ruedas	14	1.91 €/ud.	26.74 €
Tornillería	50	1.89 €/10ud.	9.45 €
Guías correderas para cajones	1	15 €/ud.	15 €
Motores DC 22.5 W (Motores de tracción principal)	2	6.7 €/ud.	13.4 €
Motores DC 1 W (Motores de tracción secundaria)	4	5.02 €/ud.	20.08 €
Servomotores 0.3 W (Motores angulares)	4	1 €/ud.	4 €
Módulo doble puente H L298N	3	1.7 €/ud.	5.1 €
Baterías 18650	12	2.76 €/2ud.	16.56 €
Regulador de carga TP4056 S3	4	1.99 €/ud.	7.96 €
Condensador de 100nF	1	0.45 €/ud.	0.45 €
Condensador de 140nF	1	0.45 €/ud.	0.45 €
Arduino Nano	1	20 €/ud.	20 €
Cableado [12]	10 m	2.81 €/10m	2.81 €
Cargador por inducción modelo EF03093 (Tx y Rx)	1	6.62 €/ud.	6.92 €
Materiales varios	-----	-----	20 €
Total:			350.3 €

12. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

12.1. Conclusiones

Durante este Trabajo de Final de Grado se ha conseguido diseñar la estructura motriz deseada para el proyecto “Robot Social” de la EPSG, alcanzando satisfactoriamente los parámetros necesarios para la parte de potencia. Además, se ha hallado un sistema de carga por inducción y su correspondiente batería para el proyecto. Por otra parte, se ha implementado un sistema puente entre la parte de control y la parte de potencia, además del código necesario para el proyecto.

Finalmente, este trabajo ha sido el primer paso para realización del sistema “Robot Social”. Por tanto, se han fijado las bases para que se pueda continuar con su construcción y diseño por parte de otros compañeros en las siguientes etapas del proyecto.

12.2. Futuras líneas de trabajo

Para el proyecto “Robot Social”, se añadirán a este proyecto una serie de otros nuevos proyectos individuales.

- Comprobación del estado de ánimo por medio de una o más cámaras y por medio de la voz.
- Comunicación entre una Tablet y el controlador principal (no necesariamente Arduino) mediante wifi.
- Inteligencia artificial en el controlador principal.
- Memoria externa para guardar datos de pacientes, plantas, medicamentos, etc.

Aunque este prototipo se haya realizado pensando en el proyecto “Robot Social”, como ya se comentó, se pueden hacer algunas modificaciones, como utilizar juntas de goma para hacerlo impermeable y usarlo en proyectos en medios con gran cantidad de humedad o incluso en entornos submarinos de poca profundidad.

Otro ejemplo sería la utilización de cilindros neumáticos para estabilizar la base de la plataforma cuando el robot se encuentre en pendiente (i.e. subiendo o bajando escaleras).

Posibles aplicaciones con algunas modificaciones:

- Control de animales no deseados en sistemas de alcantarillado.
- Exploración de cuevas.
- Transporte de equipaje.
- Etc.

Hay mejoras que pueden realizarse en un futuro dentro del ámbito de trabajo deseado. No obstante, se ha conseguido cumplir con las características y requisitos específicos para este proyecto.

13. Bibliografía

- [1] M. R. 2010, "Tutorial del motor DC", PDF.
- [2] Motores DC 24 W (Motores de tracción principal), disponible en <https://spanish.alibaba.com/product-detail/12v-24w-10000rpm-brushless-dc-motor-60497689358.html?spm=a2700.8699010.29.9.1a42b2ef5lvpv9i&s=p> [Fecha de consulta 08/06/2017]
- [3] Motores DC 1 W (Motores de tracción secundaria), disponible en https://www.alibaba.com/product-detail/GM33-520TB-high-torque-12v-1w_60649849533.html?spm=a2700.7724857.main07.12.2bd13975ltM7tD&s=p [Fecha de consulta 08/06/2017]
- [4] Servomotores 0.3 W (Motores angulares), disponible en https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/Towerpro-SG90-micro-9g-rc-servo_60616965235.html [Fecha de consulta 08/06/2017]
- [5] El puente H: Invirtiendo el sentido de giro de un motor con Arduino, disponible en <http://panamahitek.com/el-puente-h-invirtiendo-el-sentido-de-giro-de-un-motor-con-arduino/> [Fecha de consulta 04/06/2017]
- [6] Módulo doble puente H L298N, disponible en <http://www.ebay.es/itm/L298N-DC-Stepper-Motor-Drive-Controller-Board-Module-Dual-H-Bridge-For-Arduino-/112454770425?hash=item1a2ed39ef9:g:7DYAAOSw~e5ZTjtz> [Fecha de consulta 08/06/2017]
- [7] Taller de robótica: cómo se construye un robot, disponible en <http://roboticasunyer.blogspot.com.es/2013/02/partes-de-un-robot-la-bateria.html> [Fecha de consulta: 02/06/2017].
- [8] Baterías 18650 recargable Li-ion, disponible en <http://www.ebay.es/itm/2-Piezas-18650-Recargable-Li-ion-Vape-Baterias-2000-mAh-3-7V-Sin-proteccion-Hot-/222614873079?hash=item33d4e163f7:g:X-cAAOSwnONZCASE> [Fecha de consulta 09/06/2017]
- [9] Regulador de carga TP4056 S3, disponible en <https://es.aliexpress.com/item/3S-4-2V-DIY-66mA-18650-Lithium-Battery-Charger-Protection-Board-Balance-Function-Polymer-Li-ion/32800076330.html?spm=2114.43010208.4.15.vGv5c8> [Fecha de consulta 09/06/2017]
- [10] José Rafael Lajara Vizcaíno, José Peregrí Sebastià, "Sistemas integrados con Arduino", Ed Marcombo, ediciones técnicas.

[11] Cableado unipolar multifilar flexible 0,50mm² negro - 10 metros, disponible en

<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/CA5A50NE/cables/cables-unipolares/cable-unipolar-multifilar-flexible-0-50mm2-negro-10-mts> [Fecha de consulta 16/06/2017]

[12] Cargador por inducción modelo EF03093 (Tx y Rx), disponible en <http://www.electfreaks.com/store/wireless-charging-module-couple-12v-pwwcg12v-p-653.html#ixzz4j7b7JN1m> [Fecha de consulta 24/06/2017]

14. Tabla de ilustraciones

Figura 1: Kit Arduino robot	8
Figura 2: Plataforma con ruedas de pequeñas dimensiones	9
Figura 3: plataforma con ruedas de grandes dimensiones	9
Figura 4: Robot de orugas simples	9
Figura 5: Packbot de iRobot.....	10
Figura 6: Plataforma con orugas secundarias delanteras y traseras	11
Figura 7: Robot aspirador Roomba.....	11
Figura 8: Estructura principal	14
Figura 9: Estructura secundaria.....	15
Figura 10: Orugas principales y secundarias	15
Figura 11: Estructura final con los distintos motores localizados	22
Figura 12: Transistor NPN.....	24
Figura 13: Puente en H	24
Figura 14: Puente en H, movimiento a derecha.....	25
Figura 15: Puente en H, movimiento a izquierda.....	25
Figura 16: L298N, pines de entrada/salida y activadores de puertos.....	26
Figura 17: L298N, entradas/salidas de tensión y jumper de activación de fuente	26
Figura 18: L298N, configuración para habilitar el puerto B	27
Figura 19: Configuración física de la batería	29
Figura 20: Ciclo de carga de una batería 18650	30
Figura 21: Schematic del circuito de carga para baterías de Li-Ion	31
Figura 22: Regulador de tensión y corriente modelo TP4056 S4.....	31
Figura 23: Configuración de los módulos reguladores de la carga	32
Figura 24: Transformador simple	33
Figura 25: Circuito inductor/inducido modelo EF03093	34
Figura 26: Conexiones entre el circuito inductivo receptor y la batería.....	35
Figura 27: Divisor de tensión basado en resistencias.	36
Figura 28: Divisor de tensión basado en condensadores.....	36
Figura 29: Divisor de tensión final	37
Figura 30: Esquema de conexiones	38
Figura 31: Conexiones del módulo L298N.....	39
Figura 32: Simulador Proteus	40

15. Tabla de tablas

Tabla 1: Presupuesto	44
----------------------------	----

16. Anexos

- Datasheet del sistema de carga modelo EF03093, con el nombre "EF03093.pdf".
- Documento de ejemplos en cálculos de potencia de motores de varios tipos de estructuras con motores, con el nombre "Tutorial del motor DC.pdf".
- Datasheet de las baterías 18650, con el nombre "Baterías modelo 18650".
- Módulo TP4056 S1 de carga de baterías Li-Ion, fabricado por NanJing Top Power ASIC Corp., "TP4056".
- M. R. 2010, "Tutorial del motor DC", PDF.
- Datasheet del servomotor usado para los motores angulares, "SG90 SERVO", PDF.
- Esquema de conexiones en ORCAD, nombre "esquema final.pdsprj".
- Esquema de conexiones en PDF, nombre "esquema final.PDF".
- Esquema de la distribución del sistema de distribución de carga de la batería en AUTOCAD, nombre "sistema de carga.dwg"
- Dimensiones de la estructura y orugas del proyecto en AUTOCAD, nombre "Estructura y orugas.dwg".
- Dimensiones de la estructura y orugas del proyecto en PDF, nombre "Estructura y orugas.pdf".
- Esquema de la estructura montada en AUTOCAD, nombre "Estructura montada.dwg"
- Esquema de la estructura montada en PDF, nombre "Estructura montada.PDF"
- Código del Arduino esclavo, nombre "esclavo.ino", dentro de la carpeta con el nombre "esclavo".