

Universidad Miguel Hernández de Elche

Escuela Politécnica Superior de Elche

Ingeniería Industrial



Adquisición de datos analógicos de un coche eléctrico y posterior monitorización mediante microcontrolador

PROYECTO FIN DE CARRERA

JULIO - 2015

Autor: Alfonso Castellón Bonor

Director: César Fernández Peris

VISTO BUENO Y CALIFICACIÓN DEL PROYECTO

Título proyecto:

Proyectante: _____

Director/es: _____

VºBº director/es del proyecto:

Fdo.:

Fdo.:

Lugar y fecha: _____

CALIFICACIÓN NUMÉRICA MATRÍCULA DE HONOR ☐

Méritos justificativos en el caso de conceder Matrícula de Honor:

Conforme presidente:

Fdo.:

Conforme secretario:

Fdo.:

Conforme vocal:

Fdo.:

Lugar y fecha: _____



AGRADECIMIENTOS

A mis amigos

-Axel Saugar Martin

-Jaime Bonache

Por el aporte de ideas para la mejora del proyecto.

A mi tutor

-César Fernández Peris

Por la rapidez en contestar a los correos y disponibilidad para finalización del proyecto.

A mi madre y padrastro

-Margarita Bonor Villarejo

-Jorge Cremades Sena

Por aguantarme.

ÍNDICE

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN Y TERMINOLOGÍA

1.1 Motivación	8
1.2 Objetivos del proyecto	11
1.3 La batería de un automóvil	14
1.4 La batería de tracción	16
1.5 El motor Brushless	17
1.6 El Amperio-hora	19

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

2.1 Ordenadores de viaje en Vehículos	20
2.2 Panel de instrumentos de un Vehículo	23
2.3 Bus Can	25
2.4 Microcontrolador Arduino	28

Capítulo 3

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1 Diagrama de fases del proyecto	30
3.2 Prediseñado	31
3.3 Bloque de Alimentación	35
3.4 Bloque de medición de Temperatura	41
3.5 Bloque de medición de Consumo	48
3.6 Bloque de medición de Voltaje	51
3.7 Bloque de medición de Velocidad y Aceleración	54
3.8 Bloque de procesado mediante Arduino	57
3.9 Interfaz de Visualización	66

Capítulo 4

JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Cálculos del Elevador de tensión	67
4.2 Cálculos del bloque de Temperatura	70
4.3 Problemas y soluciones adoptadas	76

Capítulo 5

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Aspecto final del prototipo	77
5.2 Conclusión	78
5.3 Futuras mejoras	79

Bibliografía y Librerías	80
--------------------------------	----

Anexo I

DATASHEETS	81
------------------	----

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN Y TERMINOLOGÍA

1.1 Motivación

Este proyecto se desarrolla para la Escuela Politécnica Superior de Elche.

El presente proyecto nace de la necesidad de realizar una serie de medidas de distintos parámetros tanto eléctricos como mecánicos en un vehículo eléctrico. Resulta de gran interés tener medidas de variables eléctricas cómo por ejemplo son el consumo del vehículo, temperatura que alcanzan las baterías, como es el comportamiento de las baterías en cuanto a su tensión de salida, cuál es el nivel de carga de las baterías... Así como de variables mecánicas como son la velocidad del vehículo, su aceleración,... ya que a partir de ellas se pueden desarrollar equipos electrónicos o las modificaciones que se estimen oportunas para mejorar el comportamiento del coche y de las baterías.

Diseñaremos y construiremos un sistema de telemetría. Un sistema de telemetría no es otra cosa que un sistema de adquisición, adaptación y visualización de datos, consta de dos partes claramente diferenciadas, por un lado una primera parte que podemos llamar parte o segmento analógico, y por otro lado una parte digital o segmento digital.

La primera de ellas, la parte analógica, trata sobre la adquisición y adaptación de distintas señales físicas.

Los sistemas de adquisición y acondicionamiento de señales (SADS) son un tipo particular de sistemas electrónicos que a partir de una entrada, generalmente una variable física nos permite obtener una señal de salida proporcional (señal eléctrica).

Sistema físico a medir.

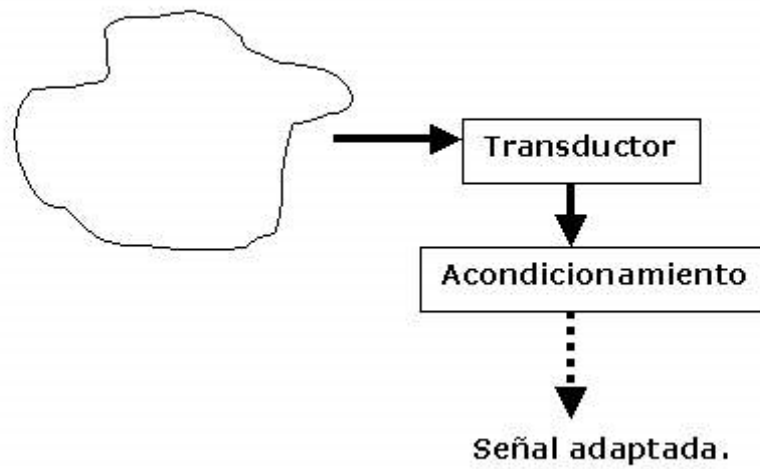


Figura 1.

La adquisición la realizamos mediante un transductor o en otros casos mediante divisores de tensión o puentes resistivos.

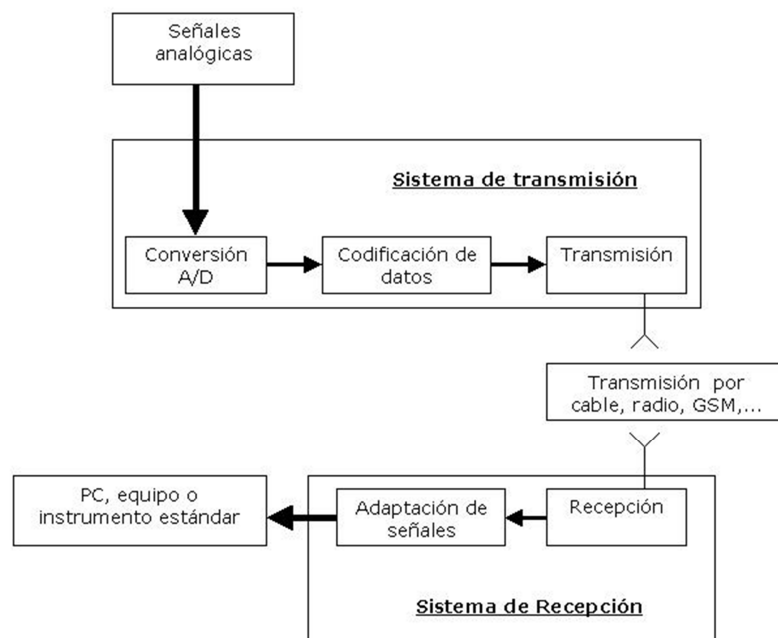


Figura 2.

Este proyecto está enfocado para hacer un estudio sobre el terreno de este tipo de vehículos cuyos ensayos hasta ahora se venían realizando en un banco de pruebas estático en el laboratorio. Se pretende así mismo el realizar un sistema simple y sobre todo muy barato para este tipo de costosas medidas en el campo de la Instrumentación Industrial.

Prácticamente la totalidad de los proyectos de ingeniería se basan en la adición de bloques funcionales individuales interconectados entre sí para formar un conjunto que funcione uniformemente.

Esta característica toma mayor relevancia en cuanto se refiere a un proyecto orientado a la investigación donde se debe asegurar el pleno funcionamiento del sistema, asegurando que en caso de necesidad de reparación se va a localizar rápidamente el bloque que no está operando correctamente, siendo muy sencillo su acceso al mismo así como su reparación y más sencilla corrección por parte del usuario.

1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo primordial de este proyecto es el de realizar un sistema de telemetría para hacer un estudio del comportamiento de las baterías del vehículo de tracción eléctrica en condiciones de uso normal o incluso críticas, además de medir variables derivadas de la velocidad de giro del motor y su temperatura.

Ponderando todos los factores, se fijará como objetivo la realización de un equipo con una precisión y calidad razonable pero dando prioridad a la economía del sistema.

La elección de unos componentes electrónicos que soporten el manejo y montaje por distintas manos deberán ser tenidos en consideración. Se procurará facilitar la intercambiabilidad de los elementos susceptibles de malfuncionamiento y se emplearán mecanismos que permitan el fácil ensamblaje y soldadura de los componentes reduciendo la probabilidad de causarles daños.

Finalmente es necesario considerar el espacio del que se dispone para el alojamiento físico del equipo. A pesar de que prácticamente en todos los aspectos de la tecnología actual se suele tender a la miniaturización, en equipos prototipos no suele ser un requisito primordial.

En condiciones comunes deben primar otros aspectos ya reseñados anteriormente, como la modularidad, robustez o claridad. No obstante, en este proyecto en concreto y sin desdeñar el resto de necesidades, el espacio disponible es una variable a tener en cuenta, puesto que parte del equipo deberá estar dispuesto en un entorno reducido, como es el habitáculo del coche de tracción eléctrica.

La visualización correrá a cargo de una pantalla de cristal líquido gobernada por un microcontrolador, Arduino en este caso.

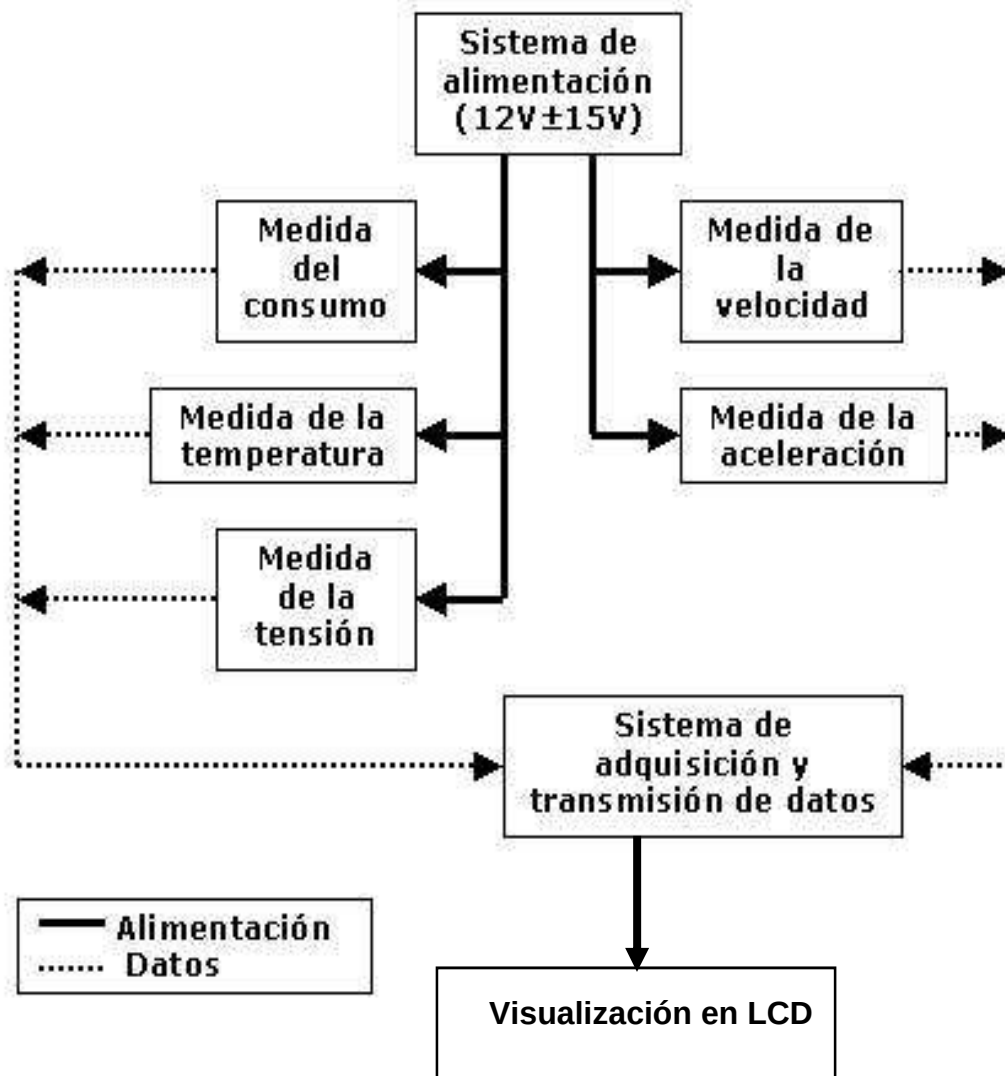


Figura 3.

Por tanto, los objetivos detallados son:

- Realización de los cálculos necesarios para la introducción de componentes electrónicos para medir diferentes variables como pueden ser, temperatura, consumo de batería, velocidad, aceleración.
- Acondicionamiento de estos datos a niveles TTL para posterior monitorización con microcontrolador Arduino
- Visualización a tiempo real gracias a una LCD (Liquid Crystal Display)

Podríamos deducir tres etapas en estos objetivos:

1. Adquisición de datos
2. Adecuación de datos
3. Procesamiento y visualización de los mismos

1.3 Algunos componentes de un vehículo eléctrico

1.3.1 La batería de un automóvil



Figura 4. Batería de automóvil¹

La batería² es un acumulador y proporciona la energía eléctrica para el motor de arranque de un motor de combustión, como por ejemplo de un automóvil o de la turbina de gas de un avión.

Las baterías que se usan como fuente de energía para la tracción de un vehículo eléctrico se les denomina baterías de tracción. Los vehículos híbridos pueden utilizar cualquiera de los dos tipos de baterías.

El arranque de un motor de combustión requiere en un breve espacio de tiempo corrientes muy elevadas de hasta cientos de amperios. La batería ha de cumplir este requisito también en invierno a bajas temperaturas. Además el voltaje eléctrico no puede reducirse considerablemente durante el proceso de arranque. Por eso las baterías disponen de una resistencia interior pequeña.

¹ «Photo-CarBattery». Publicado bajo la licencia Dominio público vía Wikimedia Commons -

² David Linden (ed), Handbook of Batteries Third Edition, McGraw Hill, New York, 2002 ISBN 0-07-135978-8, chapter 23

La batería de arranque disminuye su capacidad con la disminución de la temperatura. Hay diferentes sistemas disponibles en el mercado para evitar una temperatura demasiado baja así como para elevar la temperatura.

Al llegar el invierno se debería comprobar si la capacidad de la batería es suficiente para el arranque a temperaturas bajo cero grados (Celsius). Las baterías terminan su ciclo normalmente en invierno ya que la pérdida de capacidad es mayor a bajas temperaturas y a menudo no pueden proporcionar un arranque prolongado a temperaturas reducidas.

A -20 °C solo está disponible la mitad de la capacidad normal. Al mismo tiempo la baja temperatura del aceite del motor hace el proceso de arranque más difícil. Por eso en lugares con inviernos muy duros se desmonta la batería durante la noche para depositarla en un cuarto caliente.

1.3.2 La batería de tracción



Figura 5. Batería de tracción

Una batería de tracción es una batería que impulsa el movimiento de un vehículo eléctrico o híbrido eléctrico.

Las baterías de tracción más utilizadas actualmente son las de iones de litio y para la unión de sus componentes suele utilizarse la soldadura por rayo láser.

Se trata de una tecnología que puede utilizarse en combinación con la electricidad renovable para optimizar la red eléctrica (V2G).

Una batería de un vehículo puede recibir electricidad de la red o puede aportar electricidad a la red. Tanto la recepción como el aporte pueden ser gestionados por un software que optimiza este proceso, dependiendo de toda una serie de parámetros, entre los que destaca sobre todo el horario de uso del vehículo y la distancia a recorrer.

Es un hándicap que muchos automovilistas estarán dispuestos a soportar si ello les supone beneficios monetarios, ya que se podrá adquirir energía cuando es más barata (por la noche) y se podrá vender cuando es más cara (durante el día).

1.3.3 El motor Brushless



Figura 6. Motor Brushless

Un motor eléctrico sin escobillas o motor brushless³ es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor.

Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rozantes. Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor.

Los primeros motores sin escobillas fueron los motores de corriente alterna asíncronos. Hoy en día, gracias a la electrónica, se muestran muy ventajosos, ya que son más baratos de fabricar, pesan menos y requieren menos mantenimiento, pero su control era mucho más complejo. Esta complejidad prácticamente se ha eliminado con los controles electrónicos.

³ "Brushless DC motor design" , Retrieved on April 26 2015.

El inversor debe convertir la corriente alterna en corriente continua, y otra vez en alterna de otra frecuencia. Otras veces se puede alimentar directamente con corriente continua, eliminando el primer paso.

Por este motivo, estos motores de corriente alterna se pueden usar en aplicaciones de corriente continua, con un rendimiento mucho mayor que un motor de corriente continua con escobillas. Algunas aplicaciones serían los coches y aviones con radiocontrol, que funcionan con pilas.

Otros motores sin escobillas, que sólo funcionan con corriente continua son los que se usan en pequeños aparatos eléctricos de baja potencia, como lectores de CD-ROM, ventiladores de ordenador, casetes, etc.

Su mecanismo se basa en sustituir la conmutación (cambio de polaridad) mecánica por otra electrónica sin contacto. En este caso, la espira sólo es impulsada cuando el polo es el correcto, y cuando no lo es, el sistema electrónico corta el suministro de corriente. Para detectar la posición de la espira del rotor se utiliza la detección de un campo magnético.

Este sistema electrónico, además, puede informar de la velocidad de giro, o si está parado, e incluso cortar la corriente si se detiene para que no se queme. Tienen la desventaja de que no giran al revés al cambiarles la polaridad (+ y -). Para hacer el cambio se deberían cruzar dos conductores del sistema electrónico.

Un sistema algo parecido, para evitar este rozamiento en los anillos, se usa en los alternadores. En este caso no se evita el uso de anillos rozantes, sino que se evita usar uno más robusto y que frenaría mucho el motor.

Actualmente, los alternadores tienen el campo magnético inductor en el rotor, que induce el campo magnético al estátor, que a la vez es inducido. Como el campo magnético del inductor necesita mucha menos corriente que la que se va generar en el inducido, se necesitan unos anillos con un rozamiento menor.

Esta configuración la usan desde pequeños alternadores de coche hasta los generadores de centrales con potencias del orden del megavatio.

80°C Sería la temperatura límite a la que este motor debería funcionar

1.4 El Amperio-Hora

Un amperio hora⁴ es una unidad de carga eléctrica y se abrevia como Ah.

Indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de una batería, si ésta proporciona una corriente eléctrica de 1 amperio durante 1 hora.

El amperio-hora representa la cantidad de electricidad que, en una hora, atraviesa un conductor por el que circula una corriente continua de 1 A

(1 Ah=3600 Culombios).

Se emplea para evaluar la capacidad de una batería, es decir la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y devolver durante la descarga.

Si una batería tiene, por ejemplo, una capacidad de 100 Ah, significa que teóricamente puede dar una corriente de 10 A durante 10 h, o de 1 A durante 100 h, etc.

Esto en la práctica no es así, ya que entre otras cuestiones cuanto más rápido se descarga una batería, más energía se pierde por la resistencia interna.

Por ello la capacidad de carga se suele dar referida a un tiempo estándar de descarga (10 o 20 horas), y para un voltaje final determinado.

$$1 \text{ A} \cdot \text{h} = 1 \text{ A} \cdot \text{h} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 3600 \text{ A} \cdot \text{s} = 3600 \text{ C}$$

En las baterías es normal el uso del miliamperio hora (mAh), que es la milésima parte del Ah, o lo que es lo mismo 3,6 C. Esto indica la máxima carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería. A más carga eléctrica almacenada, más tiempo tardará en descargarse. El tiempo de descarga viene dado por la expresión:

$$\text{tiempo de descarga} = \frac{\text{carga electrica bateria}}{\text{consumo electrico dispositivo}}$$

⁴ "Full Conversion Table (sorted by Category)" Allmeasures.com, 2004, webpage: AM-Conversion-table

Capítulo 2: ESTADO DEL ARTE

2.1 Ordenadores de viaje en Vehículos comerciales



Figura 7. Ordenador de a bordo de un BMW

El ordenador de a bordo te proporciona una visión clara y rápida de la información importante para el viaje y te advierte de la presencia de placas de hielo en la carretera. En algunos modelos, la pantalla del cuadro de instrumentos también muestra mensajes de estado de los sistemas de asistencia a la conducción para que tengas acceso de un vistazo a toda la información relevante.

El ordenador de a bordo situado en el cuadro de instrumentos complementa las cuatro esferas analógicas: indicador de combustible, velocímetro, cuentarrevoluciones y consumo de combustible o indicador de temperatura del aceite. El ordenador de a bordo tiene una pantalla LCD normal o una amplia pantalla a color de alta resolución dependiendo del vehículo y el equipamiento.

Además de información clave como consumo medio y velocidad, hora estimada de llegada y distancia a la estación de servicio más próxima, la pantalla también muestra los avisos del Check Control y la información de los sistemas de asistencia a la conducción.

Por ejemplo, el Speed Limit Info (indicador de límite de velocidad) permite al ordenador de a bordo mantener informado al conductor sobre los límites de velocidad actuales así como sobre el estado del control de crucero activo y del aviso de salida de trayecto.

También se muestran directamente en el cuadro de instrumentos los mensajes y las actualizaciones de estado de las funciones de entretenimiento y comunicación, así como información de navegación y servicio. El conductor puede cambiar entre varias vistas y funciones utilizando los botones del indicador, del volante multifunción o el controlador iDrive.



Figure 8 Ordenador con GPS de un vehículo BMW

2.2 Panel de instrumentos de un Vehículo



Figura 8. Cuadro de mandos de una conocida marca

Conjunto de instrumentos e indicadores en vehículos (automóvil de turismo, camiones, motocicletas, etc.) que comprende el indicador de velocidad del vehículo, el tacómetro o cuentarrevoluciones, indicador de temperatura de refrigerante, indicador de combustible restante, en forma de relojes analógicos o digitales, o una combinación de ambos. Además de los relojes, están una serie de testigos luminosos de simbología normalizada, como por ejemplo el testigo de presión de aceite, de carga de la batería, de indicadores de intermitente, entre otros.

Inicialmente el desplazamiento de la aguja se hacía por medios electromecánicos (magnéticos), y actualmente por un motor paso a paso.

El desplazamiento es generado por un circuito integrado (IC). Los cuadros de instrumentos de última generación llevan incorporados microprocesadores capaces de mostrar gráficos en pantallas LCD, si bien se siguen utilizando instrumentos con agujas por ser más fáciles de visualizar.

Indicadores de combustible, con el testigo de reserva, y temperatura de refrigerante, de un Honda Civic.

Desde el punto de vista electrónico la centralita electrónica del panel de instrumentos está conectada al bus CAN del vehículo.

De esta forma se tiene un acceso rápido a todas las informaciones necesarias para mantener actualizado el panel de instrucciones.

Dispositivos electrónicos relevantes para el panel de instrumentos pueden ser la centralita electrónica del motor, el sensor de temperatura exterior, el sensor de giro de las ruedas así como un gran número de centralitas que tengan que reportar al panel de instrumento en caso de realizar alguna tarea (ej. ABS o ESP), o en caso de que haya algún problema (sensor de presión de las ruedas, sensor de las puertas en caso de que no están cerradas, etc.).

La figura 9 muestra datos muy relevantes para el conductor como pueden ser el nivel de combustible y la temperatura del motor.



Figura 9. Medidores de temperatura de aceite y nivel de combustible

2.3 Bus Can

CAN⁵ (acrónimo del inglés Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos. Además ofrece una solución a la gestión de la comunicación entre múltiples CPUs (unidades centrales de proceso).

El protocolo de comunicaciones CAN proporciona los siguientes beneficios:

- Es un protocolo de comunicaciones normalizado, con lo que se simplifica y economiza la tarea de comunicar subsistemas de diferentes fabricantes sobre una red común o bus.
- El procesador anfitrión (host) delega la carga de comunicaciones a un periférico inteligente, por lo tanto el procesador anfitrión dispone de mayor tiempo para ejecutar sus propias tareas.
- Al ser una red multiplexada, reduce considerablemente el cableado y elimina las conexiones punto a punto, excepto en los enganches.

CAN se basa en el modelo productor/consumidor, el cual es un concepto, o paradigma de comunicaciones de datos, que describe una relación entre un productor y uno o más consumidores.

CAN es un protocolo orientado a mensajes, es decir la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión.

Cada mensaje tiene un identificador único dentro de la red, con el cual los nodos deciden aceptar o no dicho mensaje. Dentro de sus principales características se encuentran:

⁵ Wiki on CAN technology and products

- Prioridad de mensajes.
- Garantía de tiempos de latencia.
- Flexibilidad en la configuración.
- Recepción por multidifusión (multicast) con sincronización de tiempos.
- Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos.
- Sistema multimaestro.
- Detección y señalización de errores.
- Retransmisión automática de tramas erróneas
- Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

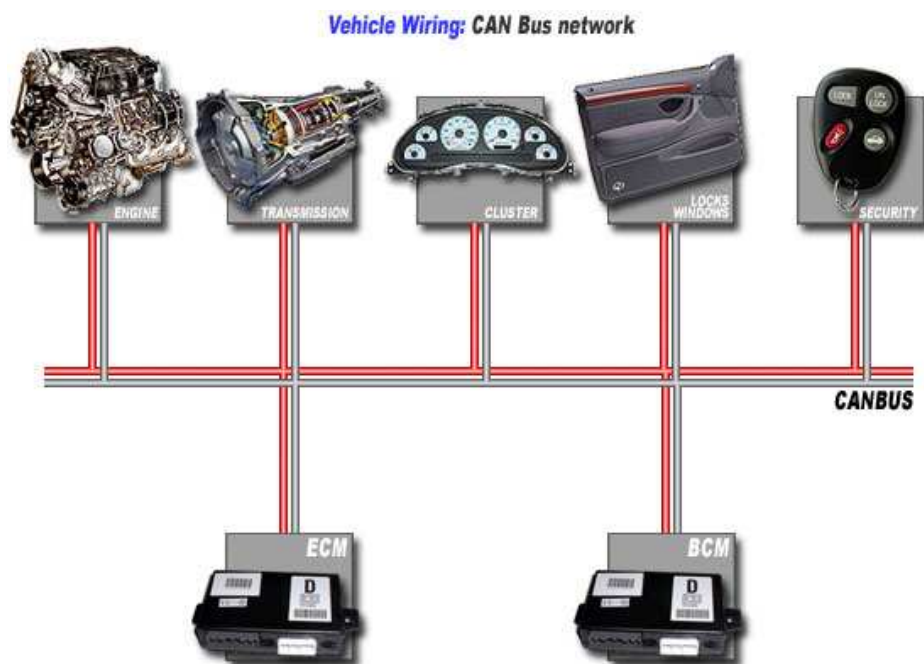


Figura 10. Esquema red CAN Bus

CAN es un protocolo de comunicaciones serie que soporta control distribuido en tiempo real con un alto nivel de seguridad y multiplexación.

El establecimiento de una red CAN para interconectar los dispositivos electrónicos internos de un vehículo tiene la finalidad de sustituir o eliminar el cableado. Las ECU, sensores, sistemas antideslizantes, etc. se conectan mediante una red CAN a velocidades de transferencia de datos de hasta 1 Mbps.

De acuerdo al modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection, Modelo de interconexión de sistemas abiertos), la arquitectura de protocolos CAN incluye tres capas: física, de enlace de datos y aplicación, además de una capa especial para gestión y control del nodo llamada capa de supervisor.

- Capa física: define los aspectos del medio físico para la transmisión de datos entre nodos de una red CAN, los más importantes son niveles de señal, representación, sincronización y tiempos en los que los bits se transfieren al bus. La especificación del protocolo CAN no define una capa física, sin embargo, los estándares ISO 11898 establecen las características que deben cumplir las aplicaciones para la transferencia en alta y baja velocidad.
- Capa de enlace de datos: define las tareas independientes del método de acceso al medio, además debido a que una red CAN brinda soporte para procesamiento en tiempo real a todos los sistemas que la integran, el intercambio de mensajes que demanda dicho procesamiento requiere de un sistema de transmisión a frecuencias altas y retrasos mínimos. En redes multimaestro, la técnica de acceso al medio es muy importante ya que todo nodo activo tiene los derechos para controlar la red y acaparar los recursos. Por lo tanto la capa de enlace de datos define el método de acceso al medio así como los tipos de tramas para el envío de mensajes

Cuando un nodo necesita enviar información a través de una red CAN, puede ocurrir que varios nodos intenten transmitir simultáneamente. CAN resuelve lo anterior al asignar prioridades mediante el identificador de cada mensaje, donde dicha asignación se realiza durante el diseño del sistema en forma de números binarios y no puede modificarse dinámicamente. El identificador con el menor número binario es el que tiene mayor prioridad.

2.4 Microcontrolador Arduino



Figura 11. Arduino Mega

Características

Las principales características de este modelo son⁶:

- Programación en C++
- Programación con USB + aplicación en PC
- Comunicación Serial con PC (Facilita enormemente la depuración)
- 16 puertos de lectura analógicos (entre 0 y 5 V)
- 54 puertos de E/S digital (varios de ellos PWM) (5V)
- CPU a 16 MHz
- Alimentación 7-12V (rango recomendado)
- Posibilidad de alimentación USB
- Gran cantidad de librerías ya implementadas

⁶ Arduino MEGA overview - <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>

VENTAJAS DE ARDUINO FRENTE A OTROS MICROPROCESADORES COMO PIC

Arduino, además de simplificar el proceso de trabajar con microcontroladores, ofrece algunas ventajas respecto a otros sistemas a profesores, estudiantes y amateurs:

Asequible - Las placas Arduino son más asequibles comparadas con otras plataformas de microcontroladores. La versión más cara de un módulo de Arduino puede ser montada a mano, e incluso ya montada cuesta bastante menos de 60€

Multi-Plataforma - El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y directo - El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Pensando en los profesores, Arduino está basado en el entorno de programación de Processing con lo que el estudiante que aprenda a programar en este entorno se sentirá familiarizado con el entorno de desarrollo Arduino.

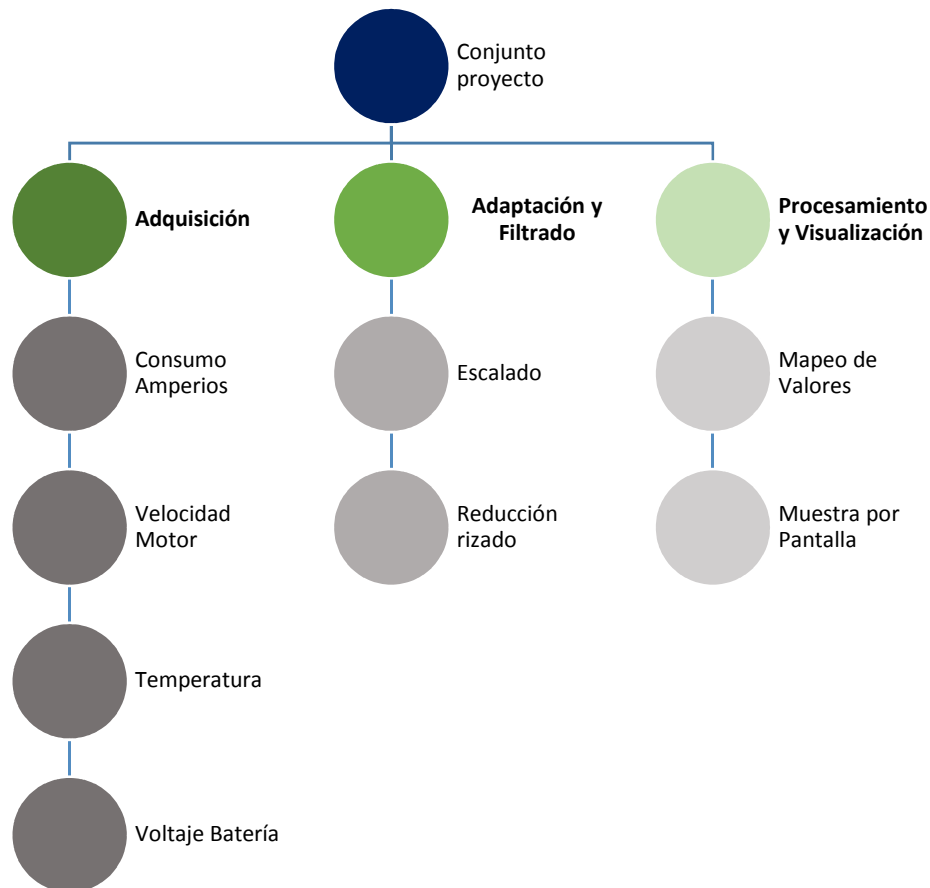
Software ampliable y de código abierto- El software Arduino está publicado bajo una licencia libre y preparado para ser ampliado por programadores experimentados. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++, y si se está interesado en profundizar en los detalles técnicos, se puede dar el salto a la programación en el lenguaje AVR C en el que está basado. De igual modo se puede añadir directamente código en AVR C en tus programas si así lo deseas.

Hardware ampliable y de Código abierto - Arduino está basado en los microcontroladores ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión para placa de desarrollo para entender cómo funciona y ahorrar algo de dinero.

Y respecto a Raspberry PI, decir que es más rápida la puesta en marcha de una placa Arduino desde 0 que una Raspberry, ya que la Raspberry se reserva para proyectos más complejos en cuanto a programación o prestaciones.

Capítulo 3: METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1 Diagrama de fases del proyecto



Como se puede apreciar es bien sencillo el esquema de etapas, la adquisición es la etapa que más carga de trabajo tiene, pues son magnitudes distintas y deben ser leídas con instrumentos específicos que funcionan a voltajes específicos.

3.2 Prediseñado

Se muestra a continuación un diagrama que expone un prediseñado del proyecto, desde la lectura de datos hasta su visualización.

EL BLOQUE DE ALIMENTACIÓN

El bloque de alimentación muestra la idea de diseño de los distintos tipos de voltaje que precisan los sensores y lo que es necesario para obtenerlos

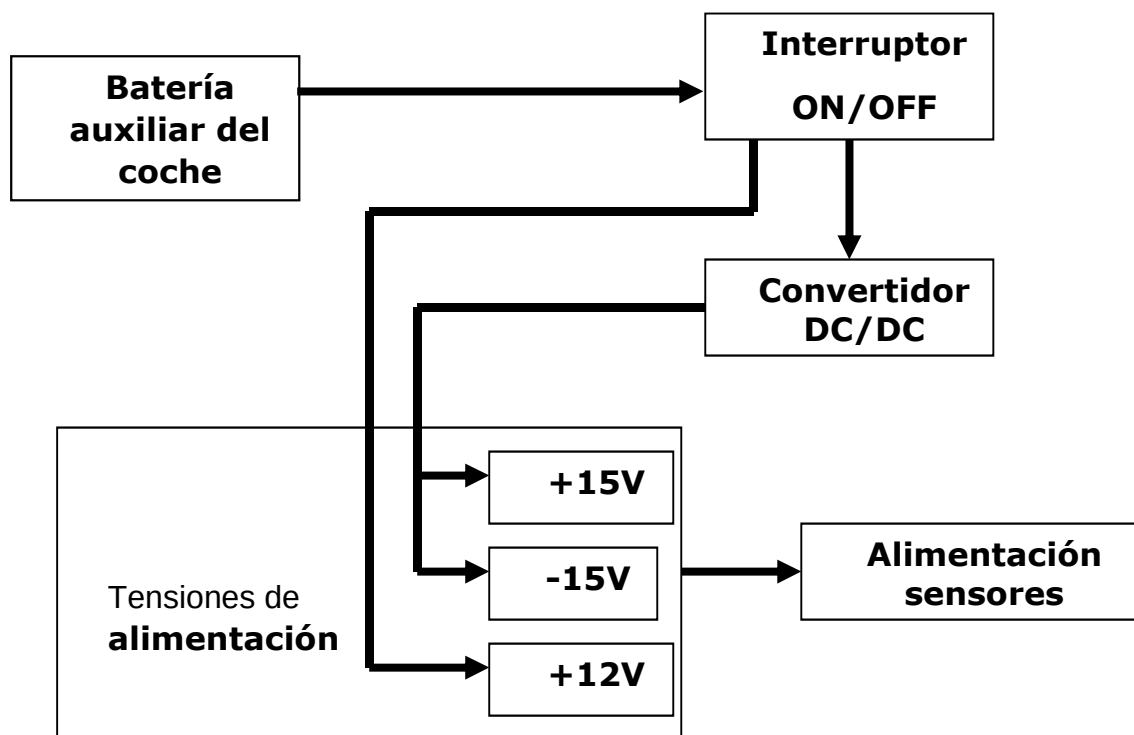


Figura 12. Diagrama de alimentación

EL BLOQUE DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

El bloque de medición de temperatura requerirá de un puente de Wheatstone para hacer la comparación y por medio de un amplificador hacer la señal leíble y escalable en el microcontrolador.

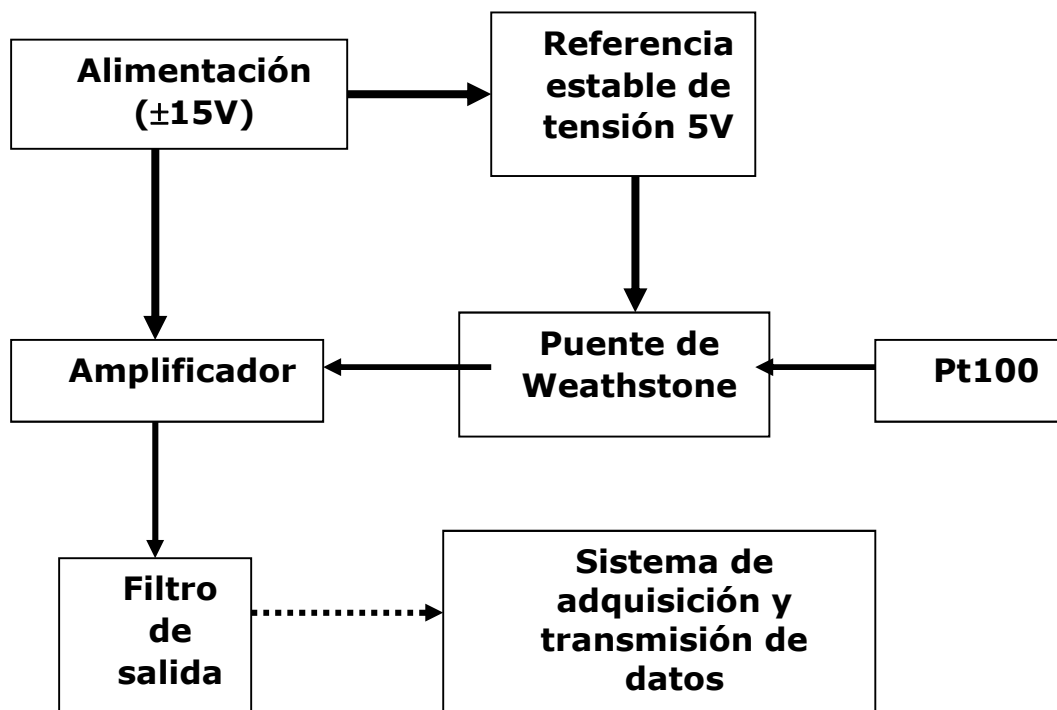


Figura 13. Bloque de sensor de temperatura

EL BLOQUE DE MEDICIÓN DE CONSUMO

El bloque de medición de consumo consistirá en un transductor que hará las veces de sensor Hall con su filtro de entrada y sacará una señal bastante adecuada para la entrada del microcontrolador.

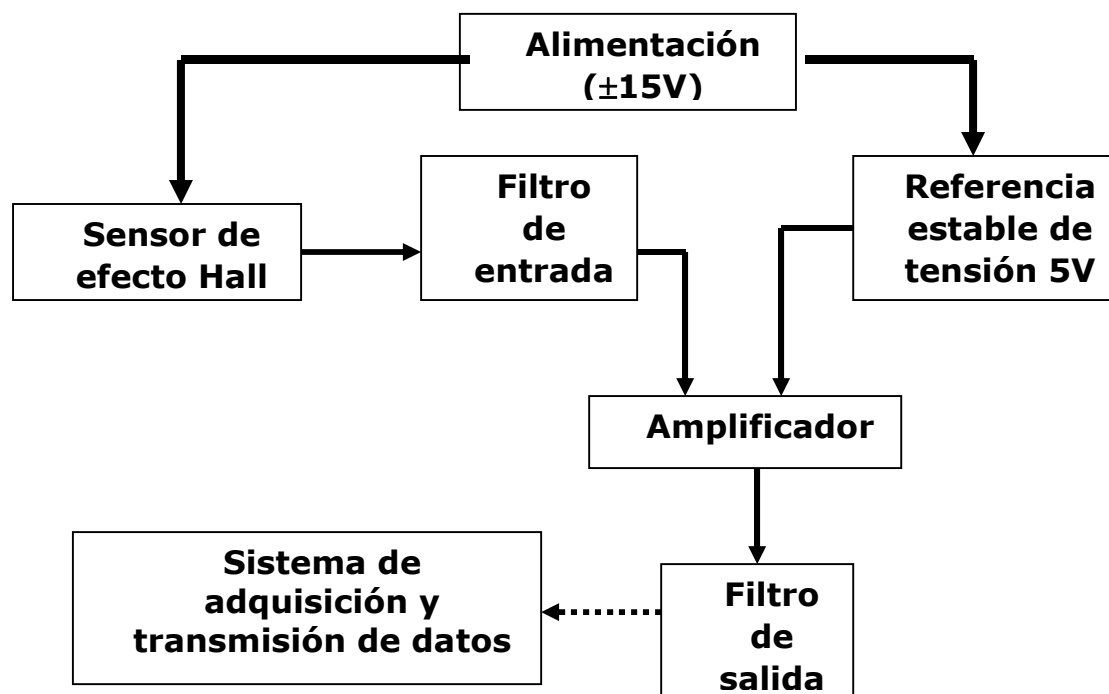


Figura 14. Bloque de sensor de consumo

EL BLOQUE DE MEDICIÓN DE VOLTAJE DE BATERÍA

El bloque de medición de voltaje consistirá en un divisor resistivo que escalará el voltaje total de la batería a un total de 5V, y de ahí en decremento hasta 0. No precisa de etapa de amplificación o aislamiento pues se supondrá un voltaje máximo muy por encima del nominal.

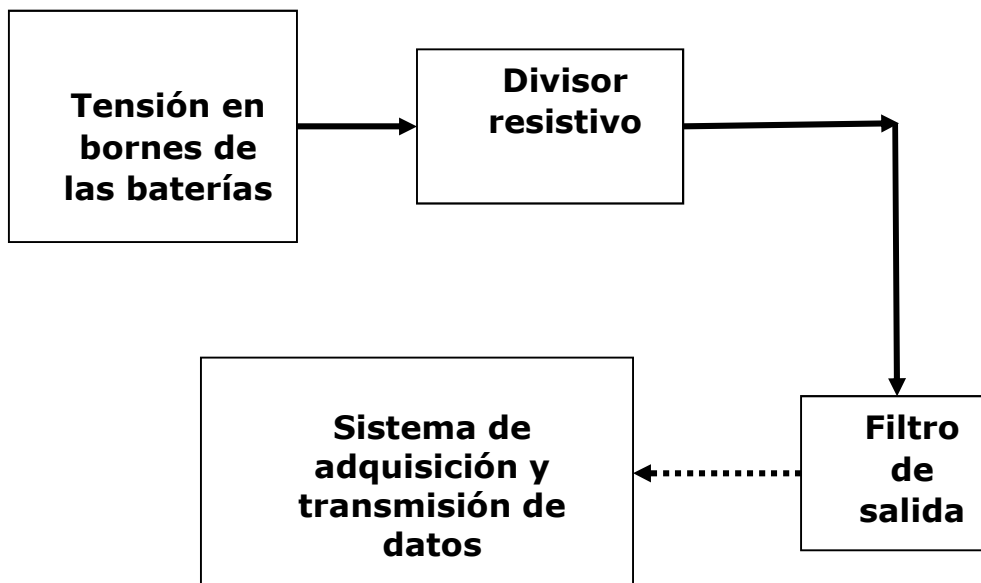


Figura 15. Bloque de medición de voltaje

3.3 Bloque de Alimentación

Este subsistema se encarga de obtener las tensiones simétricas necesarias para alimentar correctamente los amplificadores operacionales y los amplificadores de instrumentación. Se ha elegido un valor común de $\pm 15V$ ampliamente usado con estos sistemas.

Toda la energía del sistema va a proceder de la batería auxiliar del vehículo eléctrico. Usualmente se usa un valor de 12V para alimentar todos los sistemas normales de funcionamiento del mismo tales como faros, elevalunas, etc. Este proyecto utiliza una pequeña batería de plomo ácido de 12V.

Como no se dispone de tensión más elevada ni una fuente de tensión alterna se opta por la implementación de dos convertidores, uno elevador positivo y otro que funciona como inversor.

DC/DC Step-up con MC34063A

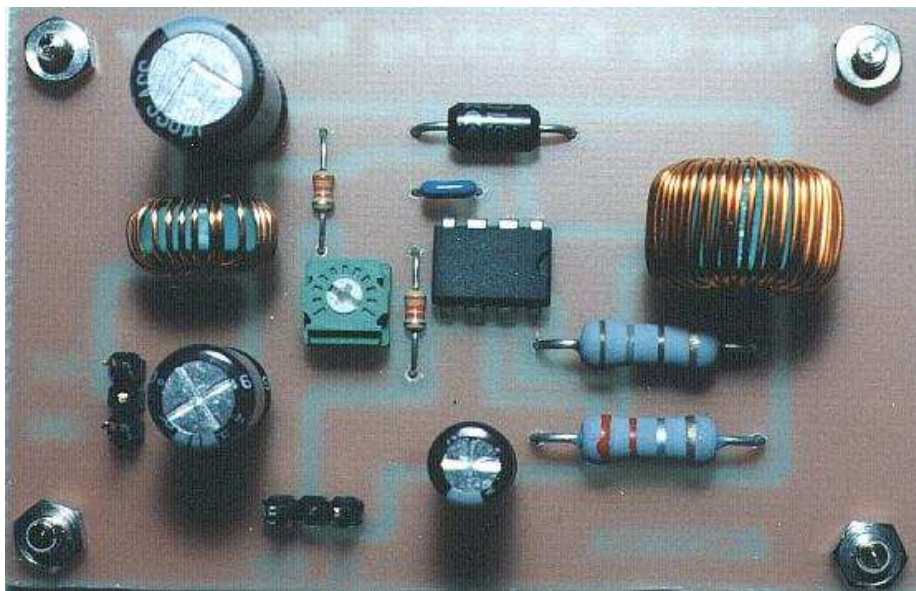


Figura 16. Un circuito step-up preparado para el MC34063A

¿Por qué MC34063?

Muchos fabricantes en el mundo han adoptado el MC34063A entre sus productos líderes, gracias a la versatilidad de uso, facilidad de diseño y sus posibilidades de desarrollo. Este circuito integrado es básicamente un Convertidor DC-DC que puede manejar tensiones de entrada desde 3Volts (dos baterías AAA) hasta 40Volts, y puede cumplir funciones de Step-Up (elevación), Step-Down (disminución) e inversor de la polaridad de la tensión de entrada, entregando en la salida una corriente de switch máxima de 1,5 Amperes. Todo con muy pocos componentes a su alrededor.

Existe una versión que permite trabajar con temperaturas más bajas y es la MC33063A, que es capaz de funcionar entre -40° y 85°C, mientras que la MC34063A lo hace entre 0° y 70°C.

- Amplio rango de tensión de entrada: 3V a 40V.
- Tensión de referencia interna con precisión del 2%.
- Interruptor de salida de elevada corriente: hasta 1,5 A.
- Limitador de corriente de cortocircuito.
- Tensión de salida ajustable.
- Consumo interno bajo.
- Oscilador de frecuencia de hasta 100 kHz.
- Precio bajo

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	12V
Voltaje de salida	15V
Intensidad máxima de salida	500mA
Voltaje de rizado Vpp	72mV
Frecuencia	50kHz

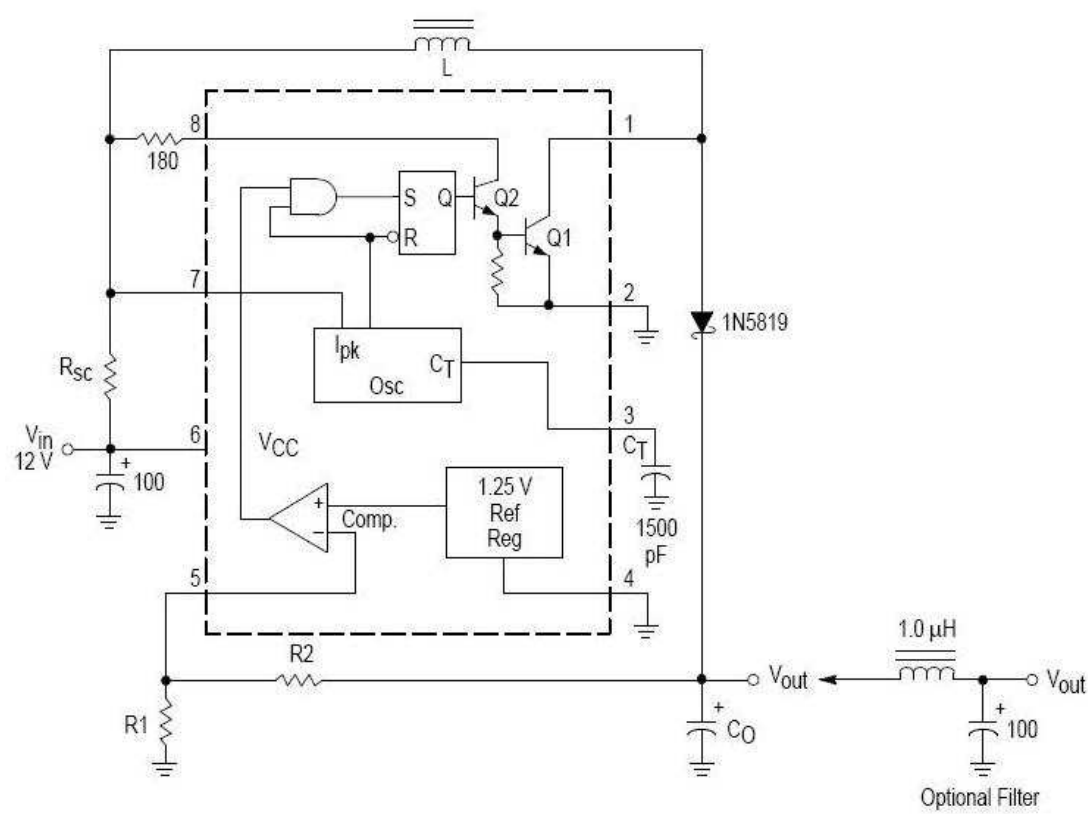


Figura 17. Circuito step-up con MC34063A

Piezas del conjunto

- Condensador Oscilador (CT): **200pF**



Figura 18. Capacitor 200pF

- Bobina (L): **40H**

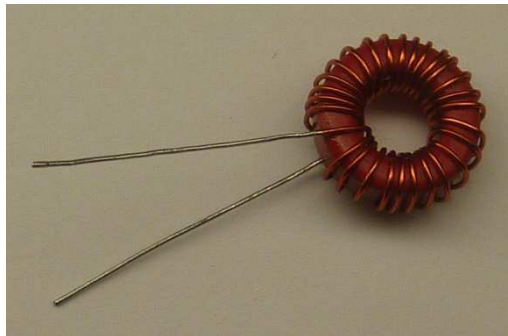
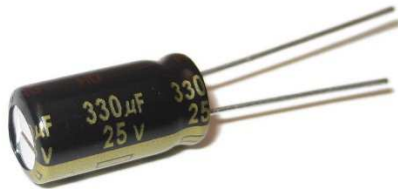


Figura 19. Bobina de 40uH

- Condensador de salida (Co): **330uF**



- Resistencia externa: **180 Ohm**



Figura 20. Resistencia 180 Ohm

- Resistencias divisor R1 y R2: 1k y 11k Ohm

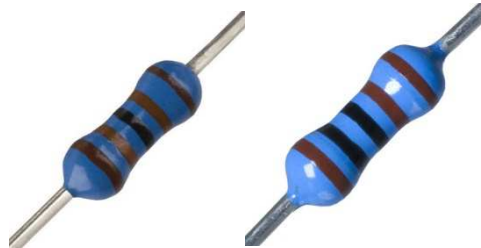


Figura 21. Resistencias de 1k y 10k, combinándose se consigue una de 11k

- Componente MC34063A

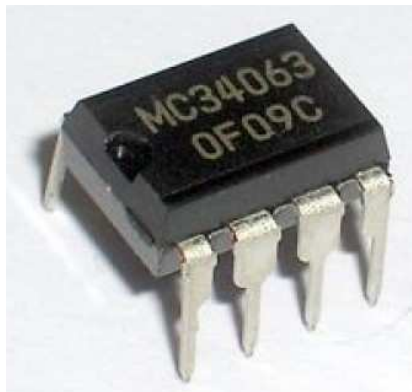


Figura 22. Este componente puede funcionar como step-up, step-down o inversor

DC/DC Inverter con TC7662B

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	15V
Voltaje de salida	-15V
Intensidad de salida	20mA
Frecuencia	10kHz

Este sencillo inversor, tan sólo precisa de un voltaje de alimentación, y en funcionamiento estándar tendrá una salida del voltaje introducido pero con signo contrario.

Tampoco se requieren grandes corrientes de él, puesto que sólo servirá como referencia para amplificadores operacionales y el transductor de corriente, que necesitarán el voltaje pero nunca trabajarán entregando una salida negativa.



Figura 23. TC7662B

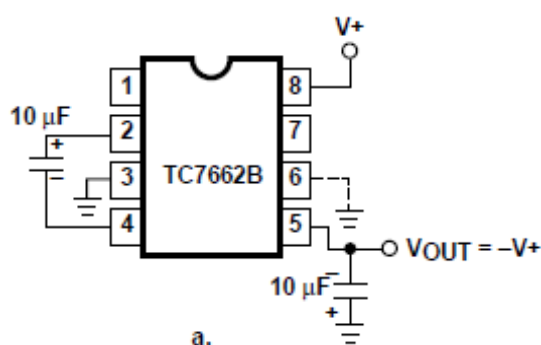


Figura 24. Esquema de funcionamiento estándar, la salida es el negativo de la entrada

3.4 Bloque de medición de Temperatura

Este subsistema se encarga de medir la temperatura de al menos uno de los bobinados del motor de tracción del vehículo; ya sea éste con o sin escobillas según la tecnología empleada.

Con las medidas de temperatura y otros parámetros más, podemos medir el rendimiento y comportamiento del motor en distintos regímenes de funcionamiento y diversas condiciones ambientales.

Sería deseable la medida de los dos bobinados tanto del estator como de rotor de la máquina pero se medirá solamente la temperatura del bobinado del estator; entendiéndose que la mayoría de los prototipos de vehículos eléctricos utilizan motores “brushless” por sus mejores prestaciones y bajo mantenimiento respecto de los motores de tracción con escobillas.



Figura 25. Motor Brushless

La temperatura máxima que no debe sobrepasar un bobinado de un motor eléctrico suele estar en torno a 120°C y varía en función del tipo y diseño de motor construido.

Utilizaremos un valor de fondo de escala de 120°C, de esta forma el subsistema podrá ser utilizado con la mayoría de los motores usados en vehículos de tracción eléctrica. Se opta por la utilización de una resistencia variable en función de la temperatura, en concreto una Pt100, componente de fácil adquisición y grandes prestaciones:

- Sensibilidad y estabilidad elevadas.
- Exactitud y coste comedido.



Figura 26. Esquema Pt100. Con tres cables se tendría una BUENA precisión, los modelos de cuatro cables sin embargo, ostentan la precisión óptima

Para la medida de la temperatura usaremos una resistencia Pt100. El fundamento de este tipo de resistencia está basado en la variación que experimenta un conductor eléctrico en función de la temperatura. En el caso de la Pt100 la variación es la que experimenta un conductor de platino. El aumento de temperatura provoca una vibración mayor de los átomos, lo que crea una dispersión mayor sobre los electrones y por consiguiente un aumento de resistencia. Este tipo de sensor es de coeficiente positivo, lo que quiere decir que la resistencia aumenta si lo hace la temperatura.

Las condiciones que debe cumplir un sensor de estas características son las siguientes:

El margen de medida de temperatura está limitado por el punto de fusión del metal empleado.

El sensor deberá estar constituido para evitar calentamientos que falseen la medida.

El acoplamiento del sensor al sistema a medir deberá ser lo más perfecto posible. De esta forma se minimiza la resistencia térmica del conjunto.

La siguiente ecuación es la ley que rige el funcionamiento de una Pt100.

[1]
$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha T)$$
 donde:

R: Resistencia a una determinada temperatura.

R_0 : Resistencia de la Pt100 a 0°C. Según el modelo usado la resistencia a cero grados es distinta, por ejemplo Pt200 Pt500 etc.

α : Coeficiente dependiente del tipo de conductor usado.

Los materiales empleados para la construcción de sensores RTD suelen ser conductores tales como el níquel, cobre o platino. Las propiedades de alguno de estos se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Platino (Pt)	Cobre (Cu)	Níquel (Ni)	Molibdeno (Mo)
Resistividad ($\mu\Omega cm$)	10.6	1.673	6.844	5.7
$\alpha(\Omega/\Omega/K)$	0.00385	0.0043	0.00681	0.003786
$R_0(\Omega)$	25, 50, 100, 200	10	50, 100, 120	100, 200, 500
Margen de tª (°C)	-200 a +850	-200 a +260	-80 a +230	-200 a +200

En la siguiente tabla se muestran valores estándar de resistencia a distintas temperaturas para un sensor Pt100 con $\alpha = 0.00385$ K.

Temperatura (°C)	0	20	30	40	60	80	100
Resistencia (Ω)	100	107.79	111.55	115.54	123.1	130.87	138.50

Puente de Wheatstone

En este tipo de configuración en lugar de valorar la acción necesaria para restablecer el equilibrio del puente, se mide la diferencia de tensión entre ambas ramas, siendo posteriormente acondicionada y linealizada analógica, digitalmente o ambos en función de la precisión requerida.

Dicho puente debe de ser alimentado a tensión estable y precisa y estar formado por elementos estables y precisos en todo el margen de medición de temperatura.

La tensión se obtiene de una referencia de tensión constante (ADR365B). Obtenemos de esta forma una tensión de salida comprendida entre 0 y 5 V con alta indiferencia a la temperatura exterior.

La implementación de un filtro entre el módulo analógico y el digital elimina la mayor parte del ruido y limita la respuesta del sistema ya que las sondas Pt100 son relativamente lentas.

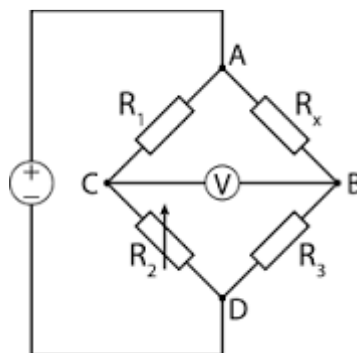


Figura 27. Puente de Wheatstone

C y B van a corresponder con la salida Positiva y Negativa correspondientemente en la figura, su diferencia de voltaje es lo que nos interesa amplificar.

Regulador de tensión ADR365B

El ADR365 tiene alta precisión a 5.0 V. Es una referencia de voltaje que ofrece bajo consumo y alta precisión. Utilizando técnicas patentadas de corrección de curvatura deriva de temperatura de Analog Devices, Inc., las referencias ADR36x logran una deriva de 9 ppm / ° C a baja temperatura en un paquete TSOT.

La familia ADR36x de microenergía, referencias de baja tensión de deserción proporciona una tensión de salida estable de un suministro mínimo de 300 mV por encima de la salida. Su diseño avanzado elimina la necesidad de condensadores externos, lo que reduce aún más el espacio de la placa y el costo del sistema. La combinación de bajo consumo de energía, tamaño pequeño, y la facilidad de uso hace que las referencias de voltaje de precisión ADR36x ideales para aplicaciones que funcionan con baterías.

Parámetro	Valor
Rango de temperaturas	-40°C a +125°C
Voltaje de alimentación	2.35V a 15V
Intensidad de salida	5mA
Voltaje de salida	5V

Esquema de alimentación a 5V del puente Wheatstone con ADR365B

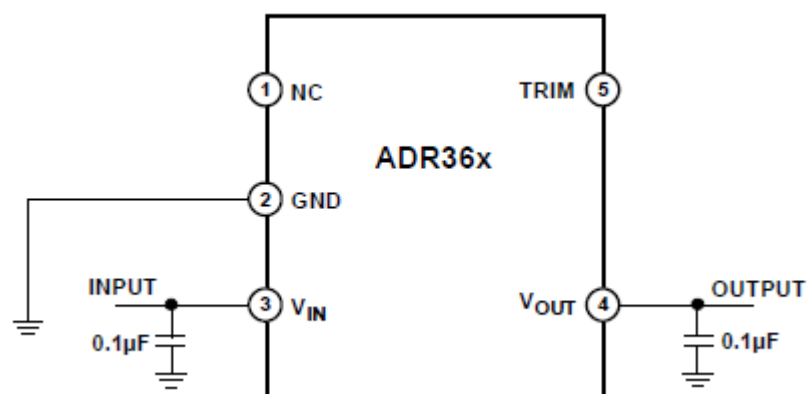


Figura 28. Configuración típica para 5V sacados de 12V de la batería

Amplificación de la señal

En cuanto al amplificador, se ha usado una combinación de dos Amplificadores Operacionales para efectuar el escalado de la señal. El OpAmp elegido es el MC1458P, con un rango de voltajes aceptable para las características de nuestro circuito

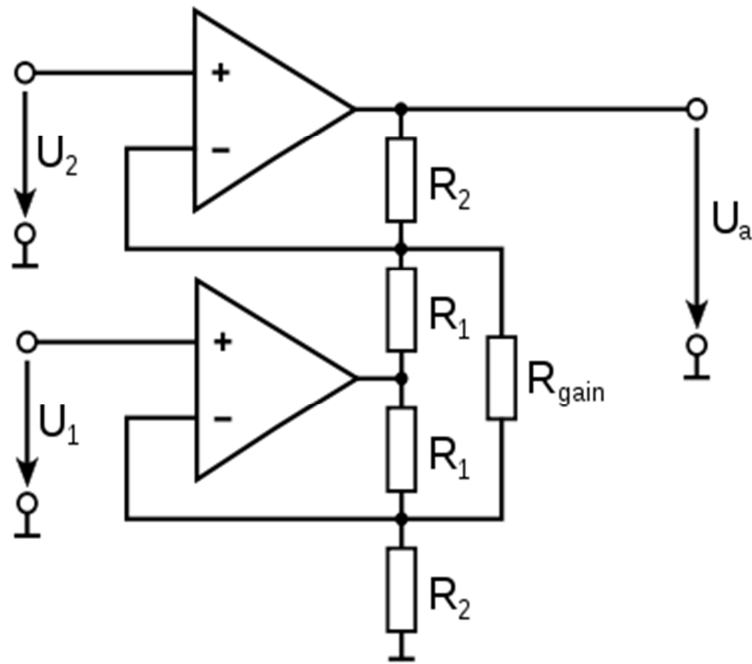


Figura 29. El inconveniente de este circuito es que la Ganancia debe ser > 1

- U_1 corresponde a la entrada negativa del puente de Wheatstone
- U_2 corresponde a la entrada positiva del puente de Wheatstone
- U_a es la salida amplificada
- R_{Gain} es una resistencia pequeña (en comparación con R_1 y R_2) que determina la ganancia

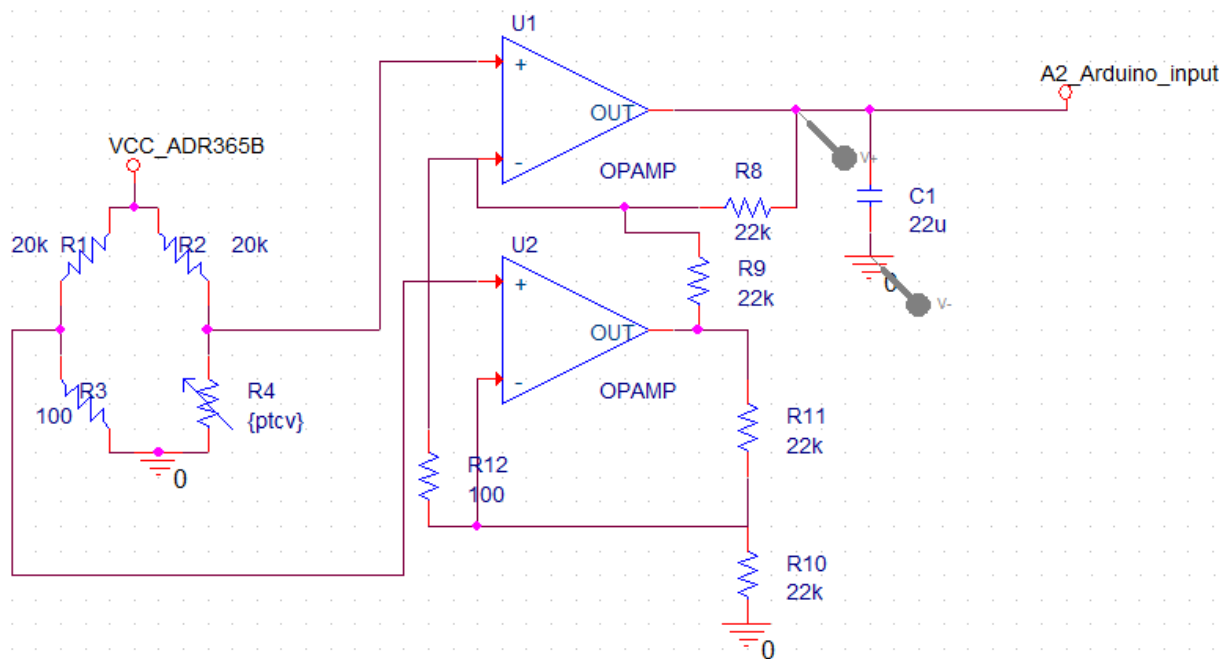


Figura 30. Circuito de captación de temperatura

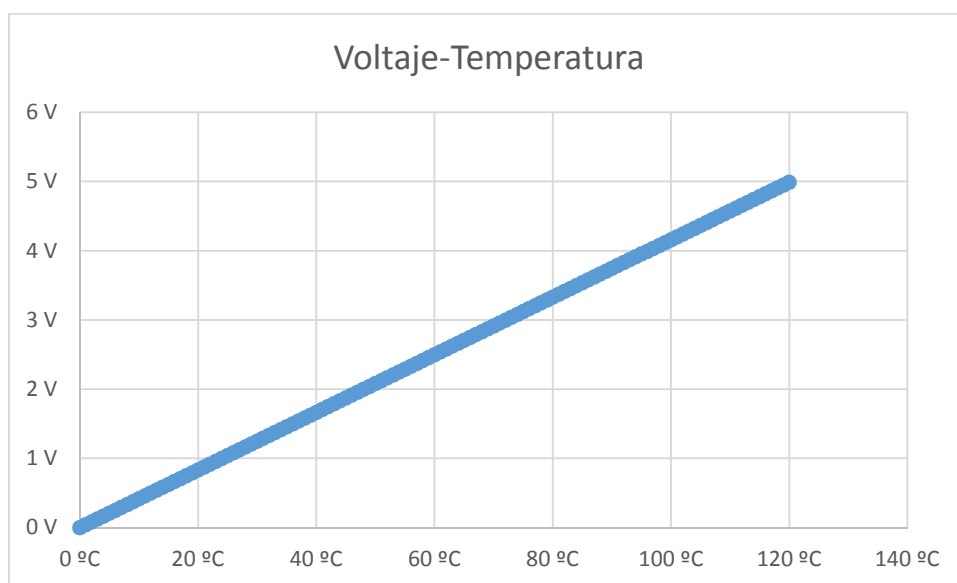


Figura 31. Gráfica de voltaje de salida frente temperatura (salida del circuito)

3.5 Bloque de medición de Consumo

En esta parte del proyecto se desea medir la corriente que sale de la batería para cualquier tipo de consumo (motor, instrumentación, alumbrado, etc...). Puesto que el amperaje que puede salir de la batería puede ser notablemente alto con un motor trabajando en condiciones adversas (cuya intensidad nominal son 7A), se ha decidido escoger un Transductor cuyo máximo a medir son 15A.

A través de sus polos de medida se hará circular el positivo de la batería, lo que es decir que toda la corriente que sale de la batería atravesará el transductor para analizar el consumo de esta.

Si en alguna situación hubiese un amperaje superior, tal como el arranque (que dura instantes), el transductor se saturaría y no daría medida correcta, pero no dejaría de funcionar, restableciendo su operación normal al acabar el arranque.

El transductor TH-15

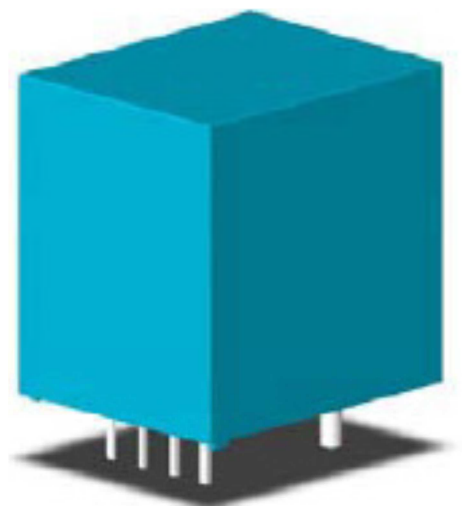


Figura 32. Aspecto externo del Transductor

- Altamente fiable dispositivo de efecto Hall.
- Compacto y ligero.
- Tiempo de respuesta rápido.
- Excelente linealidad de la tensión de salida en un amplio rango de entrada.
- Excelente respuesta de frecuencia ($> 50 \text{ KHz}$).
- Bajo consumo de energía (12 mA nominal).
- Capaz de medir tanto corriente continua y alterna, tanto por impulsos y mixtas.
- Alta tensión de aislamiento entre el circuito de medición y el conductor de corriente portadora (2.5 kV AC).
- Extendido rango de temperatura de funcionamiento.
- Ignífugo caja de plástico y encapsulado de silicona, con clasificación UL materiales, asegura
- Protección contra los contaminantes ambientales y la vibración además de una temperatura de ancho y rango de humedad.

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	$\pm 15\text{V}$
Rango de intensidad a leer	$\pm 15\text{A}$
Salida máxima de voltaje a máx. intensidad	$\pm 4\text{V}$

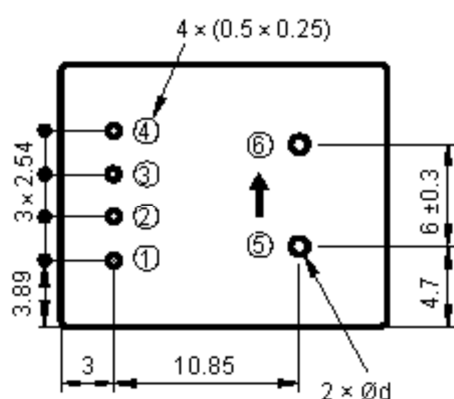


Figura 33. Vista desde abajo con pines numerados. Los pines 5 y 6 son la entrada y salida de la corriente a medir

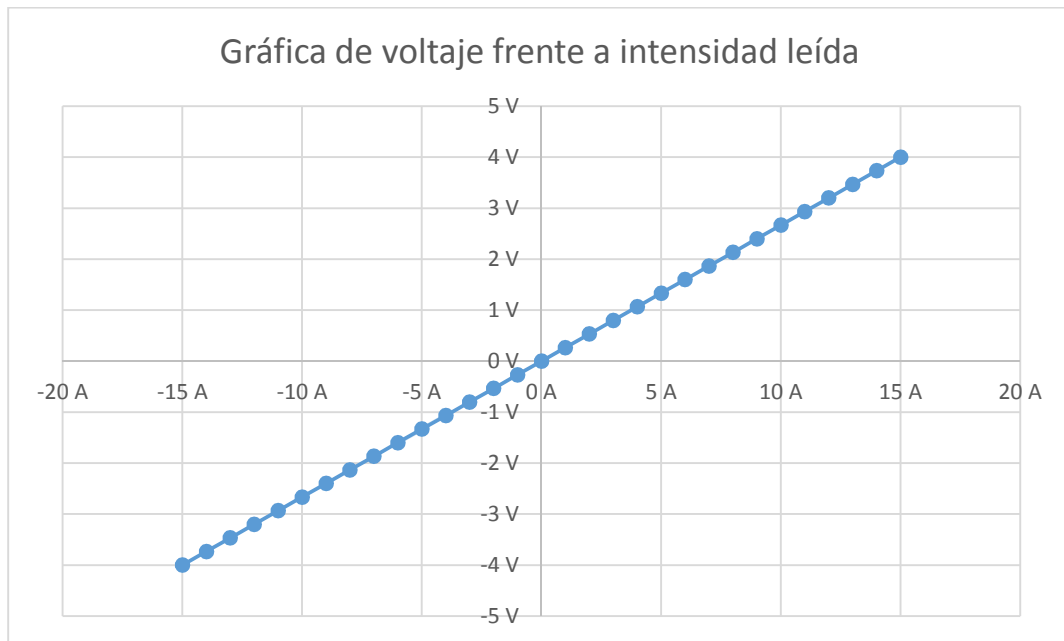


Figura 34. Gráfica de la salida de voltaje frente a la corriente que pasa por el transductor

La salida de este sensor no merece la pena ser aislada o escalada, pues un rango de 0 a 4 Voltios es más que suficiente. La intensidad será siempre positiva

Dado que Arduino puede leer 1023 valores distintos de 0 a 5 V, con 4V se quedaría en unos 818.

Si dividimos 15A entre 818 valores posibles en su escalado, obtenemos 0.018A como unidad mínima de lectura. En pocas palabras, tenemos que nuestro sensor configurado así leerá cambios superiores o iguales a 0.02A.

3.6 Bloque de medición de Voltaje

Este subsistema se encarga de medir la tensión de la batería de tracción del vehículo eléctrico. Con la monitorización de este parámetro y la corriente instantánea de salida o entrada de la batería y mediante programación por software en el microcontrolador podemos controlar los siguientes parámetros:



Figura 35. Banco de celdas de una batería de coche eléctrico

a) Con la tensión y corriente de la batería controlamos la sobrecarga y la sobredescarga de la misma, valores muy importantes para la seguridad y larga vida en el ciclado de la batería tratándose sobre todo si se utiliza la vieja tecnología de baterías de tracción de Plomo ácido muy sensibles a estas variaciones.

b) Indirectamente podemos calcular la potencia instantánea de carga o descarga y comprobar así si el banco de baterías diseñado para el vehículo asume los requerimientos de potencia y energía necesarios para los distintos regimenes de funcionamiento. Por ejemplo para comprobar si el tipo de motor diseñado se adapta bien en los momentos que se requieran potencias mayores al 100% nominal, subida de pendientes etc.

c) También es posible obtener la información necesaria para el diseño de un sistema de carga de dicho banco de baterías para las distintas formas de almacenamiento de energía por medios electroquímicos.

d) Calcular estado de carga y descarga aproximado del banco de baterías mediante la integración en el tiempo de la corriente extraída e introducida.

El programa realizará un conteo de carga extraída de la batería, si bien no resulta ser el método más exacto de medición, la implementación de un sistema de mayor precisión excede los objetivos de este proyecto por su complejidad y extensión.

Normalmente la gran mayoría de prototipos de vehículos eléctricos utilizan tensiones altas en el banco de baterías. Esto nos proporciona las siguientes ventajas:

1. Corrientes menores para iguales potencias lo que resulta en un ahorro de cableado eléctrico y menores pérdidas de energía por efecto Joule en los bobinados y cables de potencia.
2. Para idénticas potencias los motores de alta tensión tienen menor cantidad de cobre por lo que resultan más baratos.

Las tensiones típicas de trabajo están en el orden de 48V, 72V, 96V e incluso 400V con convertidor trifásico en prototipos más sofisticados.

Así mismo y en el posible caso del diseño de un sistema de freno regenerativo todos estos datos serán de suma importancia.

El presente trabajo utiliza una tensión de 12V para la alimentación del motor de tracción y de todos los sistemas. Se utiliza 12V debido a que el proyecto consta de memoria y montaje de un prototipo que simule los parámetros eléctricos más importantes de un verdadero vehículo eléctrico, siendo todo el diseño perfectamente adaptable a cualquier vehículo verdadero con pocas modificaciones.

Como se pretende medir también la tensión de carga de la batería se opta por utilizar un margen de tensión de medida de 0-25V que corresponderán a un margen de 0 a 5V apto para el microcontrolador.

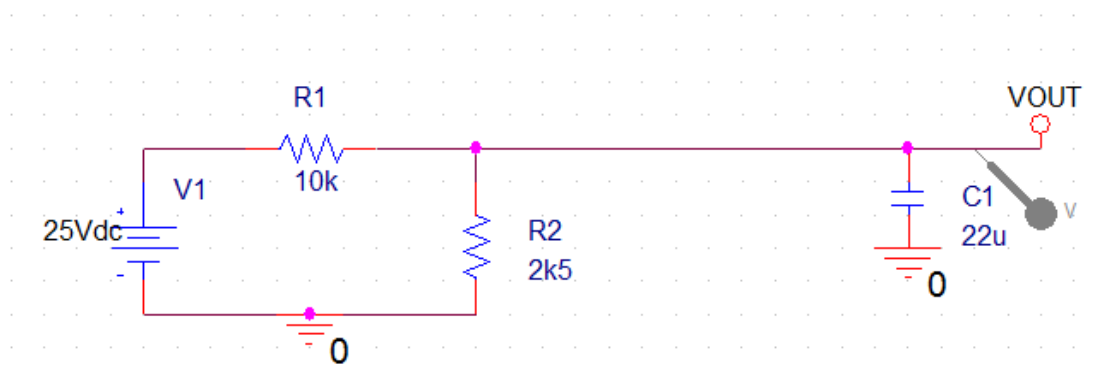


Figura 36. Circuito de medida de Voltaje

Se trata de un circuito bien sencillo que no requiere de amplificación ni escalado, además, el voltaje que cae por la resistencia R2 esta referenciado a masa por tanto no haría falta hacerlo pasar por un amplificador operacional para sacar una señal referida a tierra

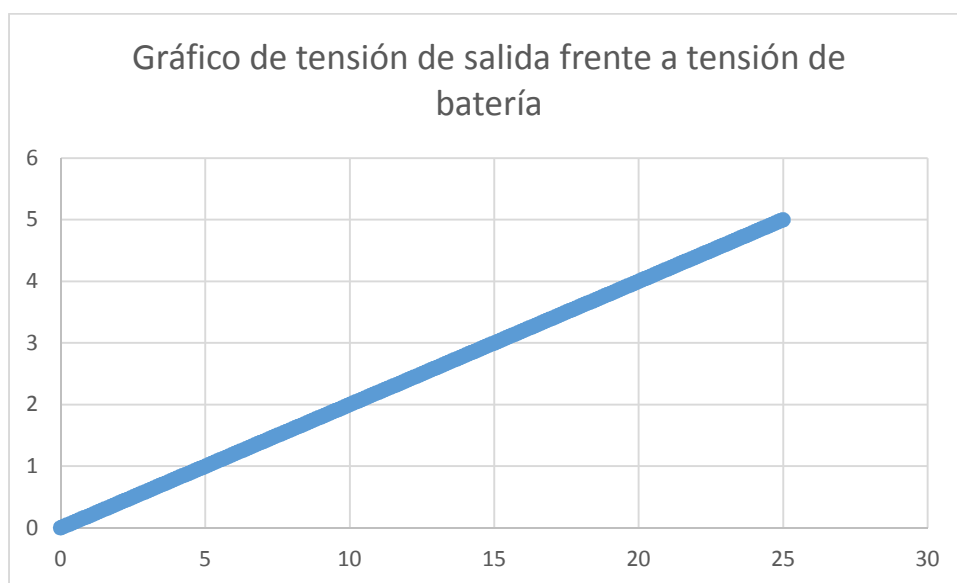


Figura 37. Gráfica de salida frente a voltaje de batería

Si recordamos, el voltaje de una batería, en porcentaje, no corresponde 0 a 0% y 12 a 100%, como puede apreciarse en la figura 5, primer capítulo.

3.7 Bloque de medición de Velocidad y Aceleración

Este subsistema se encarga de medir la velocidad del vehículo. El prototipo simulará físicamente dicha velocidad mediante una rueda de pequeño tamaño movida por un pequeño motor eléctrico que hará las veces de la rueda del vehículo real.

Dicha rueda podrá variar su velocidad de giro mediante un variador electrónico (véase subsistema variador electrónico), el microcontrolador medirá su velocidad angular y mediante cálculos transformará a velocidad lineal equiparable a un vehículo real.

La velocidad máxima por normativa en España es de 120km/h por lo tanto se elige un margen de velocidad de 0-150km/h.

De todas las distintas formas de medir velocidad se optó por la utilización de un sencillo encoder magnético (efecto Hall) que genera dos ondas cuadradas con un ligero desfase entre ellas para conocer el sentido de giro, cada onda realiza un periodo completo 20 veces por vuelta.

Haremos uso de la librería <Encoder.h>, facilitada por el fabricante, aplicando las interrupciones en cada cambio de estado de cada una de las dos ondas, se puede recoger de media 120 progresiones a lo largo de una vuelta. Lo que lo hace muy compatible a cualquier vehículo real siempre que se conozca la relación de transmisión del eje donde se instalará en el vehículo respecto de sus ruedas.

De esta forma la velocidad lineal en el borde de la rueda de la maqueta será exactamente la misma que la velocidad lineal de la rueda del vehículo, por lo tanto solo será necesario cambiar el valor del radio en el software del microcontrolador para equiparlo a cualquier vehículo real.

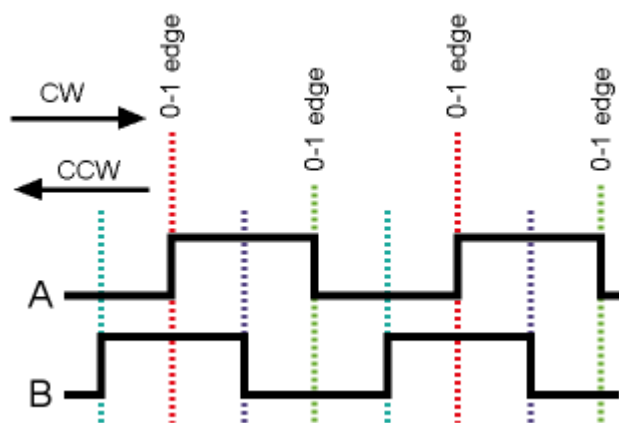


Figura 38. Las dos ondas del Encoder

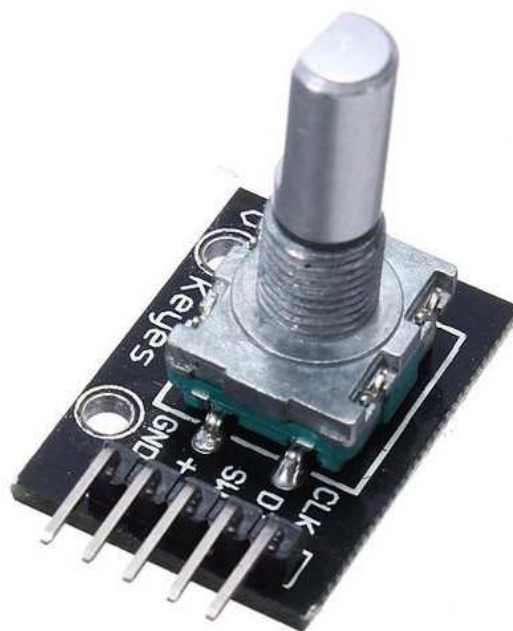


Figura 39. Aspecto externo del Encoder

El encoder pues, al realizar una vuelta completa ha sumado 120 unidades a la variable en la que se recoge la posición del giro, si fuese un giro en dirección contraria, se llegaría hasta -120 unidades (partiendo de 0).

Cada tiempo determinado se comprueba la variable y el tiempo transcurrido desde la última consulta y se calculan las revoluciones dadas en ese periodo, que extrapolado a un minuto se obtiene las RPM.

Esta es la estrategia de la librería para contar en positivo o negativo la progresión del giro, basándose en interrupciones y en los nuevos y antiguos valores de los pines

Nuevo Pin2	Nuevo Pin1	Antiguo Pin2	Antiguo Pin1	Resultado
0	0	0	0	Sin Mover
0	0	0	1	+1
0	0	1	0	-1
0	0	1	1	+2
0	1	0	0	-1
0	1	0	1	Sin Mover
0	1	1	0	-2
0	1	1	1	+1
1	0	0	0	+1
1	0	0	1	-2
1	0	1	0	Sin Mover
1	0	1	1	-1
1	1	0	0	+2
1	1	0	1	-1
1	1	1	0	+1
1	1	1	1	Sin Mover

3.8 Bloque de procesamiento mediante Arduino

Arduino recibe todas las medidas en sus diversos pines, de modo que puede procesarlas cada una de la manera que corresponda y mostrar la información por pantalla.

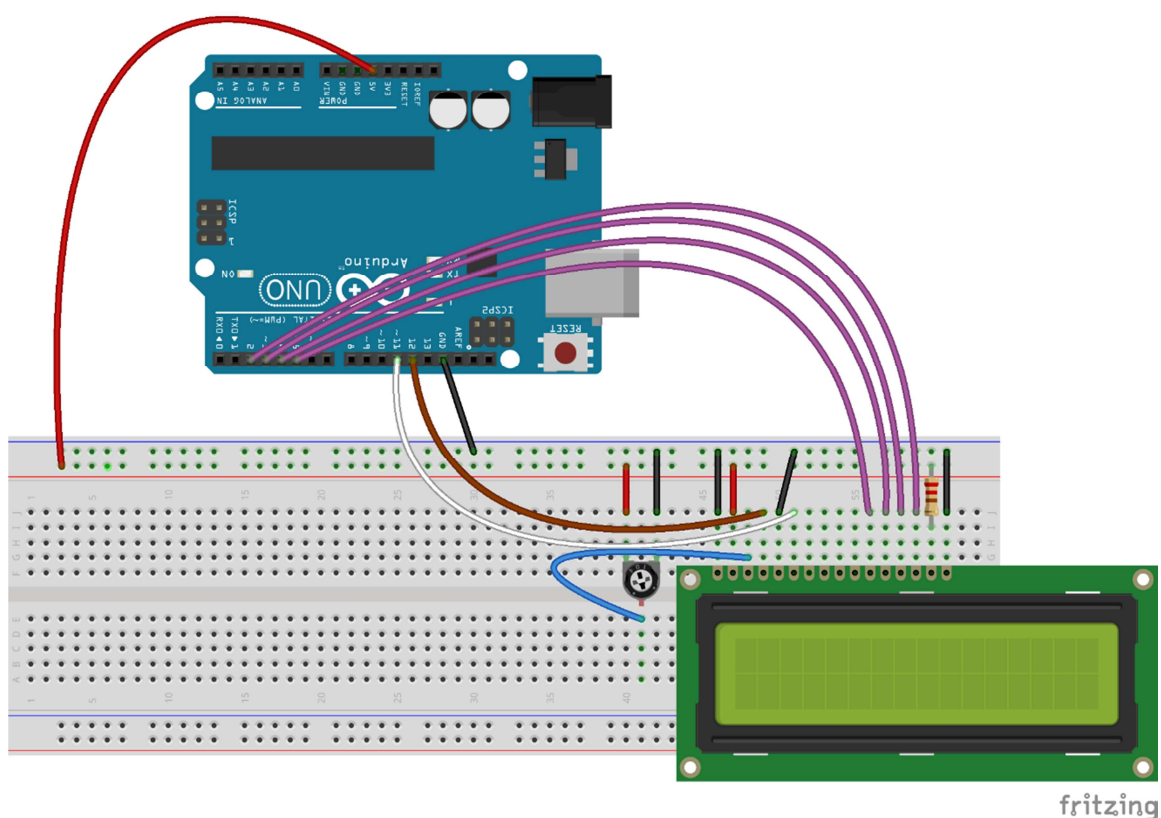


Figura 40. Esquema de un Arduino UNO conectado únicamente a la LCD

La librería LiquidCrystal permite controlar displays LCD que sean compatibles con el driver Hitachi HD44780. Hay muchos de ellos disponibles, y puedes comunicarte con ellos a través del interfaz de 16 pines.

El LCD tiene un interfaz paralelo, significando esto que el microcontrolador tiene que manipular varios pines del interfaz a la vez para controlarlo. El interfaz consta de los siguientes pines:

- Un pin de selección de registro (RS) que controla en qué parte de la memoria del LCD estás escribiendo datos. Puedes seleccionar bien el registro de datos, que mantiene lo que sale en la pantalla, o un registro de instrucción, que es donde el controlador del LCD busca las instrucciones para saber cuál es lo siguiente que hay que hacer.
- El pin de lectura/escritura (R/W) que selecciona el modo de lectura o el de escritura.
- Un pin para habilitar (enable) que habilita los registros.
- 8 pines de datos (D00-D07). Los estados de estos pines (nivel alto o bajo) son los bits que estás escribiendo a un registro cuando escribes, o los valores de lectura cuando estás leyendo.
- Hay también un pin de contraste del display (Vo), pines de alimentación (+5V y GND) y pines de retro-iluminación (Bklt+ y Bklt-), que te permiten alimentar el LCD, controlar el contraste del display, o encender y apagar la retro-iluminación, respectivamente.
- El proceso de controlar el display involucra la colocación de los datos que componen la imagen de lo que quieres mostrar, en los registros de datos, y luego, colocar las instrucciones, en el registro de instrucciones. La librería LiquidCrystal te simplifica todo este proceso de forma que no necesitas saber las instrucciones de bajo nivel.
- Los LCD-s compatibles con Hitachi pueden ser controlados de dos modos: 4 bits u 8 bits. El modo de 4 bits requiere siete pines de E/S de Arduino, mientras el modo de 8 bits requiere 11 pines. Para mostrar texto en la pantalla, puedes hacer la mayoría de las cosas en modo 4 bits, por lo que el ejemplo muestra como controlar un LCD de 2x16 en modo de 4 bits.



Figura 41. Ejemplo de texto en la LCD

```

Screen
157 }
158
159 void updateScreen(){
160
161     char tmparray[16];
162     String tmpstring;
163
164     lcd.clear();
165     lcd.setCursor(0,0);
166     switch(mode) {
167
168     case 0:
169         lcd.print("Bateria      ");
170         if(bateria==1){lcd.write((byte) 1);}else{lcd.write(' ');}
171         lcd.write(byte(0));
172         lcd.setCursor(0,1);
173         if(bateria==1){
174             lcd.write((byte) 1);
175             lcd.print(" En carga ");
176             lcd.write((byte) 1);
177         }else{
178             //tmpstring=String(bateria);
179             //tmpstring.toCharArray(tmparray,tmpstring.length()+1);
180             lcd.print(bateria,2);
181             lcd.print(" %");
182         }
183
184         break;
185
186     case 1:
187         lcd.print("Consumo inst.  ");
188         lcd.write((byte) 1);
189         lcd.setCursor(0,1);
190         lcd.print(consumo,2);
191         lcd.print(" A");
192         break;

```

Figura 42. Claro ejemplo del programa en el que se ve la facilidad de escritura en la LCD gracias a la librería

Procesado de la señal de Temperatura

Recordamos que la señal de temperatura venía ampliada desde el puente de Wheatstone con los dos amplificadores operacionales.

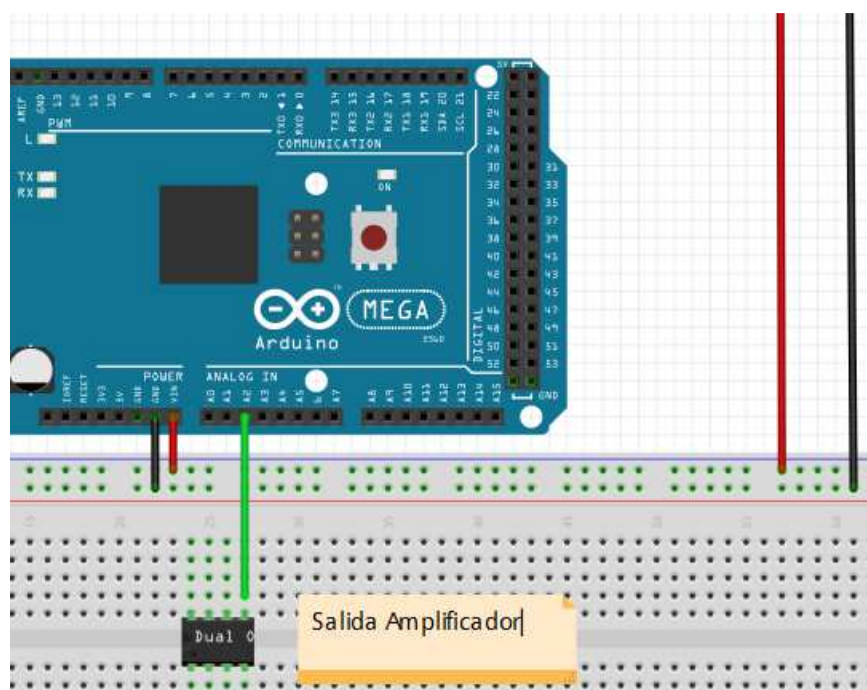
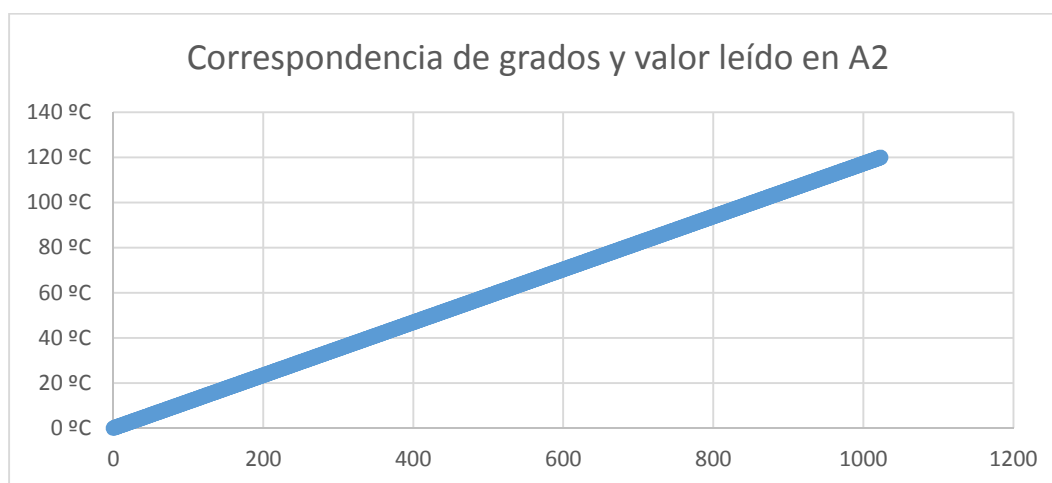


Figura 43. Esquema de entrada analógica como de únicamente la señal de temperatura

La señal es escalada desde sus 0-5V que se corresponden con 0-1023 de valor int al ser leída desde A2. Un 0 correspondería con 0°C, y un 1023 con 120°C como ya hemos visto anteriormente.



Procesado de la señal de Consumo

Recordamos que la señal de consumo venía directamente del transductor, y no hacía falta escalarla para poder leerla.

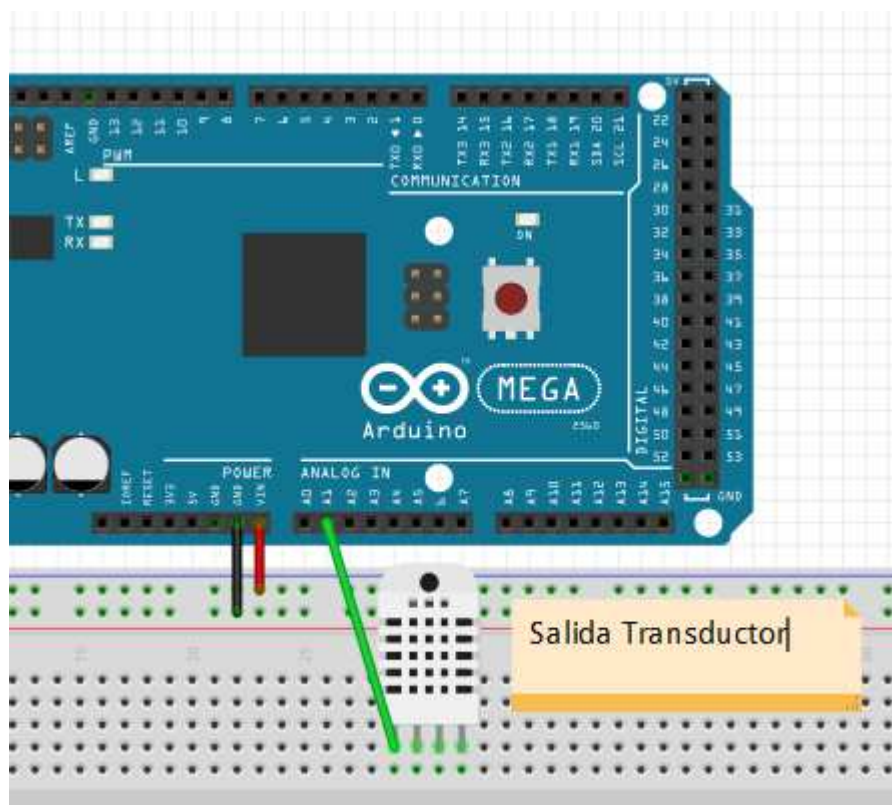
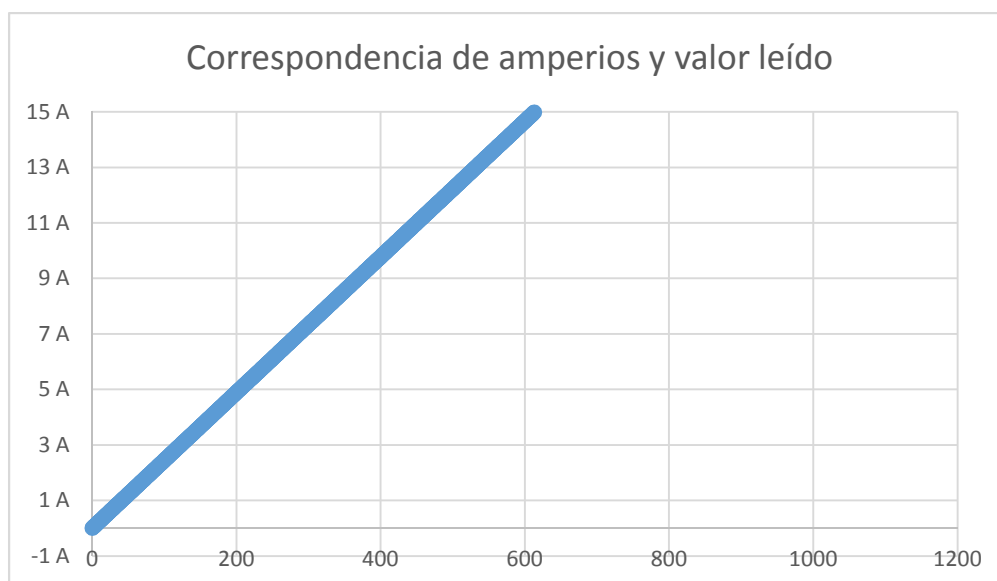


Figura 44. Esquema ilustrativo de la salida de un transductor a Arduino



Para el consumo acumulado, simplemente se multiplica el valor medio durante el segundo de muestra y se multiplica por la fracción de hora que representa un segundo y se suma al valor anterior:

$$\text{Consumo acumulado} = C0 \text{ (anterior)} + \frac{\text{Amperios} * 1s}{3600s/hora}$$

Y de esta manera irá aumentando el consumo acumulado en Amperios hora (A·h)

Procesado de señal de Voltaje

Recordamos que la señal de Voltaje de batería llega a Arduino por el A0, y es escalada al valor que corresponde en voltaje, y en base a ello se marca la batería restante

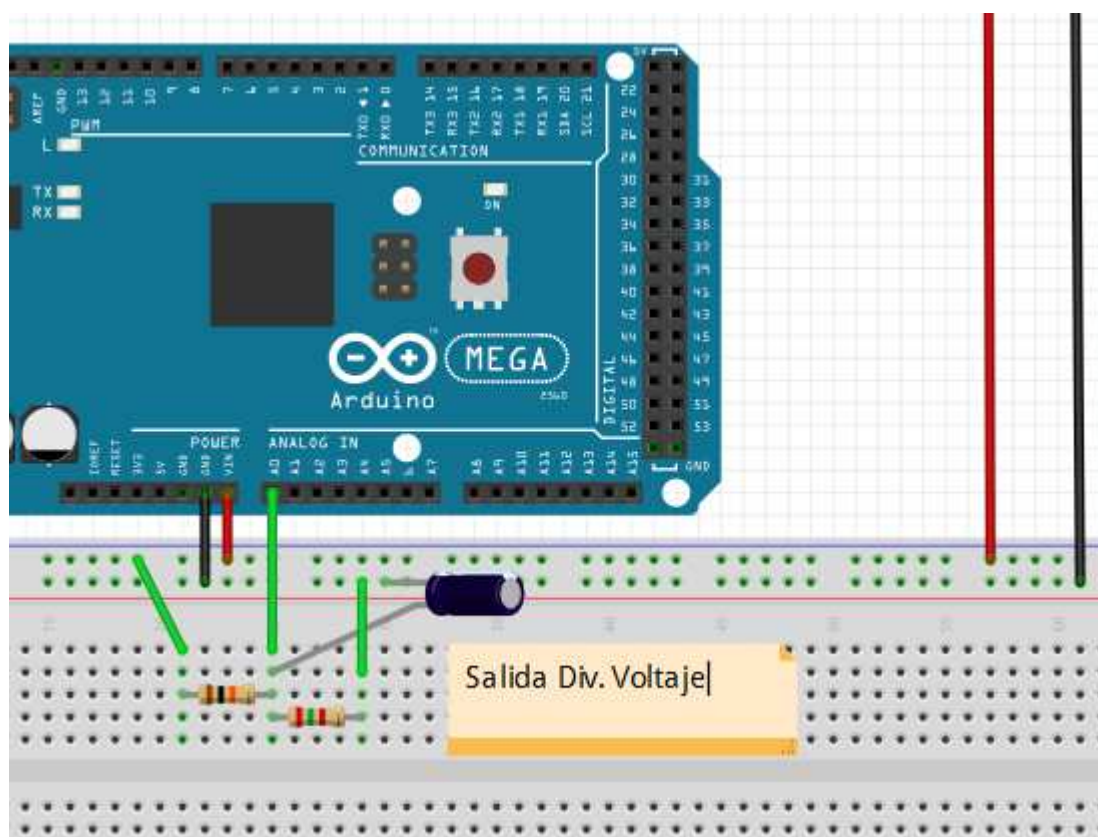
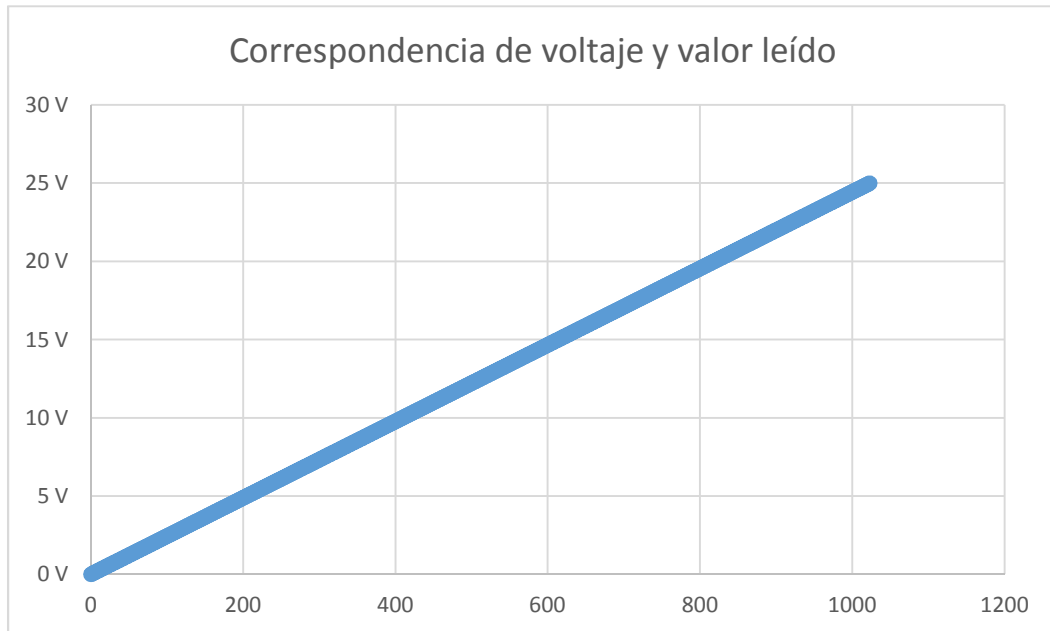


Figura 45. Esquema de un divisor de voltaje similar cuya salida es leída por el A0 de Arduino

La señal de voltaje se lee inmediatamente en cada refresco de pantalla, se escala el valor y se muestra por pantalla:



Recordamos la tabla del primer capítulo para una asignación de porcentajes de batería

Open-circuit voltage		Approximate charge	Relative acid density
12 V	6 V		
12.66 V	6.32 V	100%	1.265 g/cm ³
12.35 V	6.22 V	75%	1.225 g/cm ³
12.10 V	6.12 V	50%	1.190 g/cm ³
11.95 V	6.03 V	25%	1.155 g/cm ³
11.70 V	6.00 V	0%	1.120 g/cm ³

Procesado de la señal de Velocidad

El encoder tiene dos señales, como bien se ha explicado antes, se ha elegido los pines digitales 20 y 21 para procesarlas, ya que permiten interrupciones.

Las interrupciones tienen una gran ventaja ya que la ejecución de la función asociada es inmediata, por tanto se puede conseguir la mejor rapidez posible en cuanto Arduino note cambios en la señal 20 o 21.

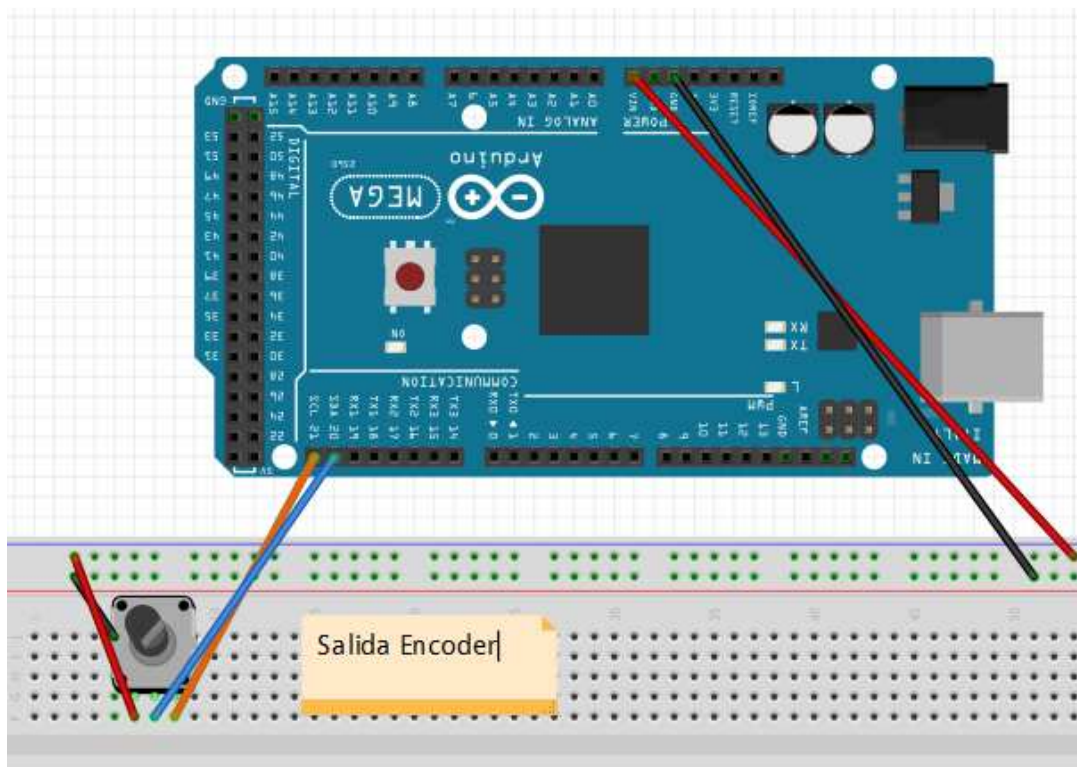


Figura 46. El encoder también debe ser alimentado para poder tener una salida en voltaje

La forma de calcular la velocidad RPM y KM/H es la siguiente, este código se ejecuta aproximadamente en cada refresco de pantalla (cada segundo):

Giro = Encoder.read()

Esto nos da las unidades que el encoder ha avanzado, 120 significaría una vuelta completa

$Vueltas = \frac{Giro}{120}$ Inicializamos *Giro* = 0

$$VelocidadRPM = \frac{Vueltas}{Milisegundos\ transcurridos} * 60000\ miliseg/minuto$$

$$VelocidadKMH = VelocidadRPM * \frac{2\pi * 60}{1000} * RadioRueda\ (en\ metros)$$

La aceleración se calculará en base a la última medida de velocidad del refresco anterior, pues la aceleración media no es más que el cambio de velocidad para un determinado tiempo.

$$AceleracionKMH/s = \frac{VelocidadKMH - VelocidadKMH(Antigua)}{Segundos\ transcurridos}$$

Efectivamente el valor de aceleración intenta ser bastante intuitivo: Cuántos Km/h se están incrementando o decrementando por segundo (Km/h) / s

3.9 Interfaz de Visualización

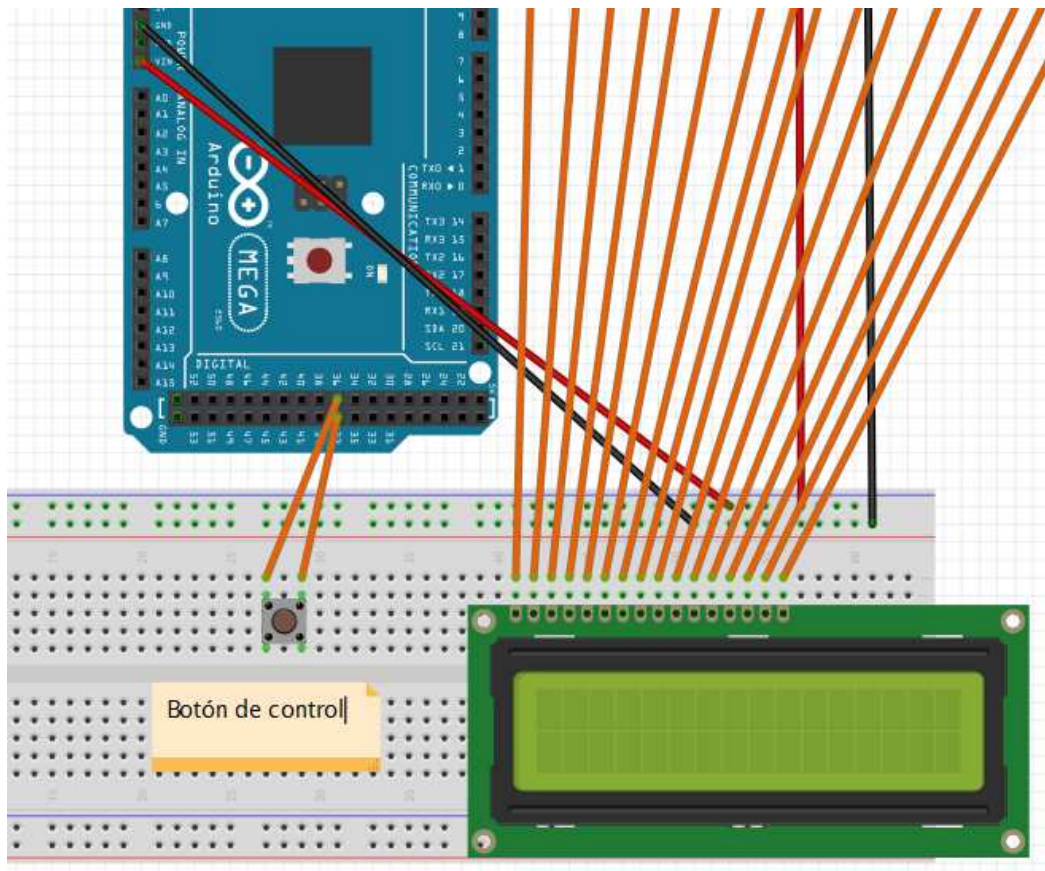


Figura 47. Mediante el botón se puede controlar qué dato ver

Los datos a mostrar en pantalla son:

- Batería (En porcentaje, o en carga si procede)
- Consumo instantáneo (Amperios)
- Consumo acumulado (Amperios · hora)
- Velocidad (RPM)
- Velocidad (KM/H)
- Temperatura (°C)
- Aceleración (KM/H por segundo)

Puede cambiarse con solo pulsar el botón el dato que se desea analizar

Capítulo 4: JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Cálculos del Elevador de tensión

Los parámetros de diseño de la fuente de alimentación positiva serán los siguientes:

$V_{+} = 15V$, $I_{m\acute{a}x} = 0.5 A$, Regulación de línea 0.5%.

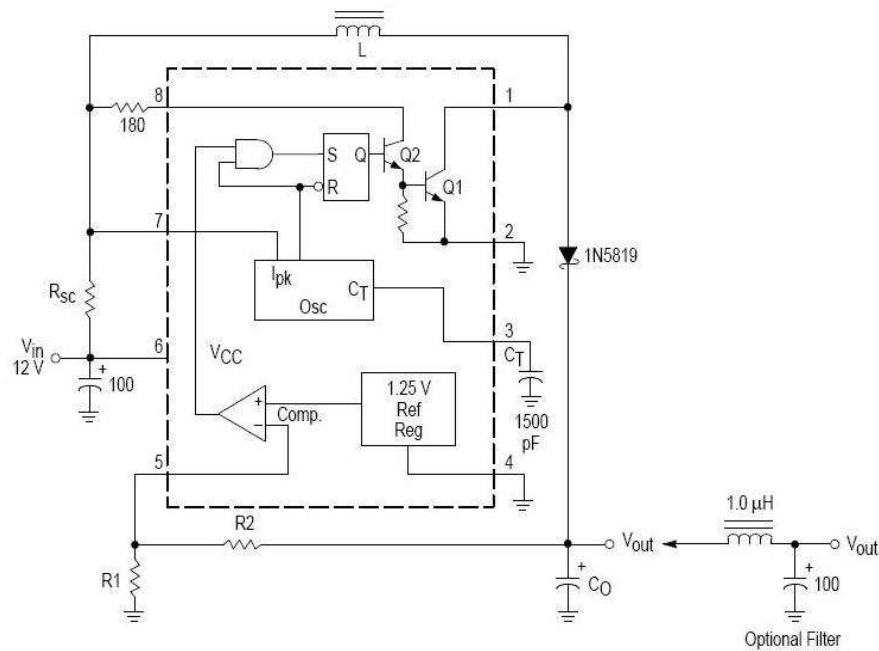


Figura 1

Para el elevador usaremos una configuración BOOST que permite obtener tensiones mayores. Del *datasheet* del fabricante obtenemos el esquema de la figura 1. Seguimos las instrucciones de diseño que allí nos indican:

Primero calculamos el ciclo de trabajo del convertidor.

$$[1] \quad \frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{V_{out} + V_f - V_{in(min)}}{V_{in(min)} - V_{sat}} = \frac{15 + 0.6 - 12}{12 - 0.95} = 0.33 \quad \text{donde;}$$

V_{out} : Tensión de salida deseada. 15V.

V_f : Caída de tensión en el diodo rectificador (1N5819).

$V_{in(min)}$: Tensión de alimentación mínima del convertidor. 12V

V_{sat} : Voltaje de saturación

Con ese dato y habiendo elegido una frecuencia de trabajo de 50 kHz tenemos

$$[2] \quad t_{on} + t_{off} = \frac{1}{f} = \frac{1}{50000} = 20\mu s \quad \text{que corresponde con el periodo de la frecuencia de conmutación.}$$

Ahora calculamos el tiempo de apagado toff.

$$[3] \quad t_{off} = \frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1} = \frac{20\mu s}{0.33 + 1} = 15.09\mu s \quad \text{y de aquí}$$

$$[4] \quad t_{on} = (t_{on} + t_{off}) - t_{off} = 20\mu s - 15.09\mu s = 4.91\mu s \quad \text{con este dato podemos obtener el valor del condensador necesario para el oscilador interno del MC34063A mediante:}$$

$$[5] \quad C_T = 4.0 \cdot 10^{-5} \cdot t_{on} = 4.0 \cdot 10^{-5} \cdot 4.91\mu s = 187 pF \quad \text{que con un condensador comercial de 220pF será más que suficiente.}$$

La corriente máxima que debe de soportar el conmutador es

$$[6] \quad I_{pk} = 2 \cdot I_{out(max)} \left(\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1 \right) = 2 \cdot 0.5(0.33 + 1) = 1.33A$$

$$[7] \quad R_{SC} = \frac{0.3}{I_{pk}} = \frac{0.3}{1.33} = 0.2189 \quad \text{Se elige un valor comercial de } 0.22\Omega$$

R_{SC} : Es la resistencia que limita la corriente de pico del transistor de potencia.

Para el cálculo de la inductancia mínima que deberá tener la bobina para no entrar en conducción discontinua.

$$[8] \quad L_{min} = \left(\frac{V_{in(min)} - V_{SAT}}{I_{pk}} \right) \cdot t_{on} = \left(\frac{12V - 0.95}{1.33A} \right) \cdot 4.91\mu s = 40\mu H$$

V_{sat} : Es la caída de tensión del transistor de conmutación, en este caso usaremos el que se haya dentro del integrado.

Y calculamos el condensador necesario a la salida para tener un factor de rizado indicado.

$$[9] \quad V_{ripple(pp)} = \frac{V_{out} \cdot V_{rizado(\%)}}{100} = \frac{15 \cdot 0.5}{100} = 0.075V_{pp}$$

$$[10] \quad C_o = 9 \frac{I_{out} \cdot t_{on}}{V_{ripple(on)}} = 9 \frac{0.5A \cdot 4.91\mu s}{0.075} = 218\mu F \approx 220\mu F \text{ que es un valor comercial}$$

estandarizado bastante alto para minimizar los efectos del circuito impreso y la ESR del condensador.

Es importante que este condensador tenga una ESR (resistencia serie equivalente) lo más baja posible por tratarse de una fuente de alimentación conmutada.

Se utiliza el filtro de salida recomendado en la *datasheet* formado por una bobina y un condensador para obtener una tensión continua lo más estable y limpia posible, de esta forma afectará en menor medida a los amplificadores operaciones.

Ya solo nos queda determinar el valor de las resistencias R_1 y R_2 :

$$[11] \quad |V_{out}| = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \rightarrow R_2 = R_1 \left(\frac{|V_{out}|}{1.25} - 1 \right) = R_1 \left(\frac{15}{1.25} - 1 \right) = R_1 \cdot 11$$

Eligiendo valores adecuados tomamos para R_1 un valor de 10k tenemos

$$[12] \quad R_2 = R_1 \cdot 11 = 1k \cdot 11 = 11k \text{ y comprobamos;}$$

$$[13] \quad |V_{out}| = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 1.25 \left(1 + \frac{11}{1} \right) = 15V \text{ exactos.}$$

4.2 Cálculos del bloque de Temperatura

Diseño del puente de Wheatstone

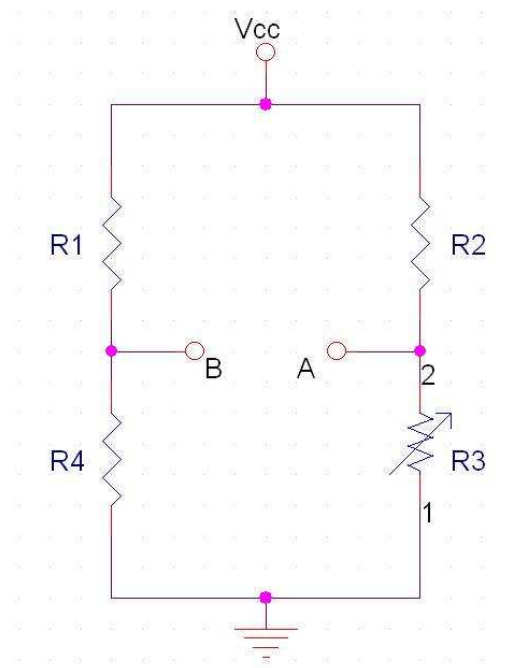


Figura 48. Puente de medida. La tensión se leerá entre los bornes A y B

Como vimos detalladamente en la explicación de la pt100

[1]
$$R_3 = R_0 \cdot (1 + \alpha T)$$

La diferencia de tensión medida será entre los puntos A y B del circuito y estará en función de la temperatura de la Pt100. Como se ve en el esquema esta señal no está referenciada a masa; se trata de una señal diferencial y por tanto deberá de ser amplificada y medida mediante un puente de instrumentación.

Para el diseño se busca que el puente esté equilibrado para una temperatura de 0°C en la cual la Pt100 tendrá un valor de 100 ohmios. En este punto la tensión del divisor resistivo de la rama izq. (R_1 y R_4) será la misma que la del divisor de la rama derecha (R_2 R_3) y por lo tanto la tensión diferencial será de 0V ($V_A - V_B = 0$). Así tenemos una salida de tensión que vale 0V cuando la temperatura del sensor es de 0°C.

Y para que esto se dé, debe cumplirse la siguiente condición:

$$[2] \quad k = \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_0}$$

por consiguiente la tensión de salida diferencial del puente será:

$$[3] \quad V_s = V_A - V_B = V_{cc} \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) = V_{cc} \left(\frac{k\alpha T}{(k+1)(k+1+k\alpha T)} \right)$$

De dicha expresión se deduce que los cambios de temperatura no son proporcionales y lineales y para que esto se dé debe cumplirse que $k\alpha T \ll k+1$. Y por lo tanto despreciando ese valor tenemos:

$$[4] \quad V_s = \frac{V_{cc} k \alpha}{(k+1)^2} \cdot T \quad \text{el error relativo cometido con esta aproximación viene dado por:}$$

$$[5] \quad \varepsilon = \frac{V_{s1} - V_s}{V_s} = \frac{\alpha T}{k+1}$$

El error relativo cometido en la linealización debe ser menor que el error de la Pt100 (+-1%) por lo tanto elegimos un valor de 0,25% que es 4 veces menor. Al poseer los demás parámetros ya podemos calcular el valor de la constante de equilibrio necesaria del puente:

$$[6] \quad \varepsilon = \frac{\alpha T}{k+1} \rightarrow k = \frac{\alpha T}{\varepsilon} - 1 = \frac{0.00385 \cdot 100}{0.0025} = 153$$

valor mínimo que tiene que tener la constante de equilibrio del puente para un error relativo máximo de no linealidad que se da a la temperatura de 100°C por lo tanto y para la correcta elección de las resistencias del puente fijamos un valor mayor tal que minimice el error y nos de valores comerciales exactos. Elegimos $k=200$.

$$[7] \quad k = \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \text{ donde : } R_3 = 100\Omega \text{ (Valor de equilibrio del puente para } 0^\circ\text{C). Por último tenemos:}$$

$$[8] \quad \begin{aligned} R_2 &= k \cdot R_3 = 200 \cdot 100 = 20k\Omega \\ R_1 &= R_2 = 20k\Omega \\ R_4 &= R_3 = 100\Omega \end{aligned}$$

Con estos valores el error relativo máximo de no linealidad a fondo de escala cometido vendrá dado por:

$$[9] \quad \varepsilon = \frac{\alpha T}{k+1} = \frac{0.00385 \cdot 100}{200+1} = 0.19\%$$

Diseño de amplificador instrumental con dos Amplificadores Operacionales

Partimos de que aplicando la teoría se puede obtener un amplificador de instrumentación (INA) con uno, dos o tres amplificadores operacionales.

La versión con un amplificador es más sencilla pero al añadir resistencias en serie al puente de Wheatstone se descarta pues habría que rediseñarlo enteramente.

La versión con dos amplificadores viene bastante bien, pues la diferencia de voltajes entra directamente en los inputs de estos componentes sin ninguna resistencia en serie.

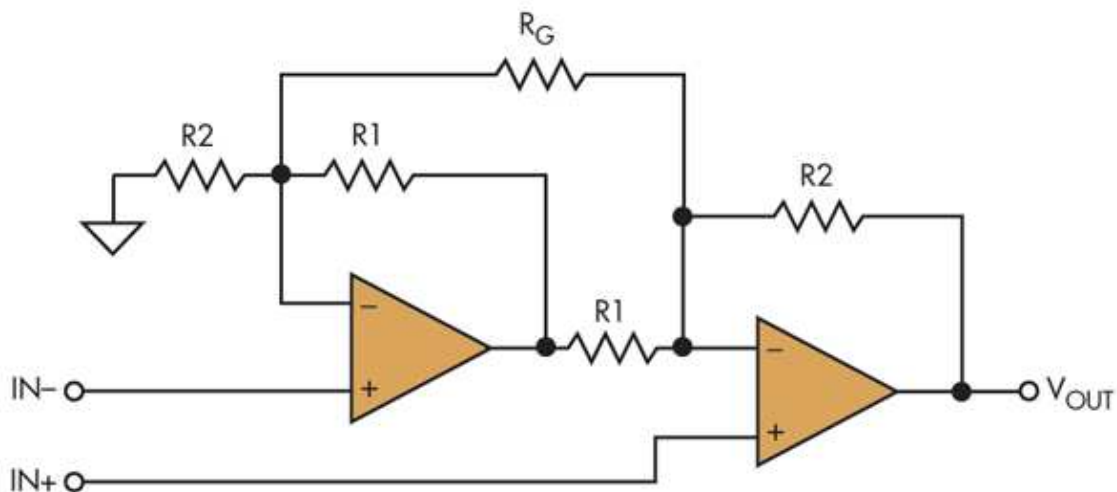


Figura 49. INA con dos Op Amps

$$G = 1 + R2/R1 + (2 \cdot R2)/R_G$$

Un gran inconveniente de este circuito como veremos es que no se podría configurar para tener una ganancia unitaria, pero eso no es problema ya que queremos ampliar en gran medida la señal sacada del puente.

Se eligen $R_1 = R_2$, de esta manera simplificamos más los cálculos, y además elegimos que esa resistencia sea de 22kOhm, ya que en la fórmula tenemos $2 \cdot R_2$, que lo dejaría en un 44000Ohm, cantidad que está muy propicia para ser dividida por R_g y dar la ganancia que queremos, como comprobaremos más adelante.

Además 22kOhm no disiparía apenas potencia, otros amplificadores instrumentales tienen resistencias muy parecidas para función similar.

La ganancia del amplificador es:

[10] $G = \frac{V_s}{V_E}$ donde V_s es la tensión de salida del amplificador y V_E es la tensión de entrada del mismo que corresponde con la tensión de salida del puente.

La temperatura de referencia será 100°C. De [3] obtenemos la tensión que nos entregará el puente a esa temperatura:

$$[11] \quad V_s = \frac{V_{cc} k \alpha}{(k+1)^2} \cdot T = \frac{5.00V \cdot 200 \cdot 0.00385}{(200+1)^2} \cdot 100 = 9.529467092mV$$

Y por lo tanto cuando en la salida del puente tengamos esa tensión, deberemos tener a la salida del amplificador una tensión de 4.00V, para dar margen hasta 120°C:

$$[12] \quad G = \frac{V_s}{V_E} = \frac{4.00V}{9.529467092mV} = 425.77 \quad \text{y con este dato ya podemos calcular la resistencia necesaria para tal ganancia;}$$

$$[13] \quad G = 1 + \frac{R_1}{R_2} + 2 \cdot \frac{R_2}{R_g} = 2 + \frac{44000}{R_g}$$

$$[14] \quad R_g = \frac{44000}{G-2} = \frac{44000}{425.77-2} = 103.82\Omega \approx 100\Omega$$

Elegimos un valor de 100Ω que puede ser obtenido directamente

Comprobación.

Se comprobará el valor de precisión obtenido con los componentes del diseño. El error cometido es máximo para una temperatura de 100°C . Para esa temperatura tenemos una salida exacta del puente que viene determinada por:

$$[19] \quad V_S = V_A - V_B = V_{cc} \left(\frac{R_0(1+\alpha T)}{R_2 + R_0(1+\alpha T)} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right) = 5.00V \left(\frac{100(1+0.00385 \cdot 100)}{20k + 100(1+0.00385 \cdot 100)} - \frac{100}{100 + 20k} \right) =$$

$[19] = 9.51124903mV$ y por otro lado la ganancia que se obtiene con la resistencia elegida viene determinada por:

$$[20] \quad G = \frac{44000}{100} + 2 = 442 \quad \text{así que la tensión de salida total será}$$

$$[21] \quad V_T = G \cdot V_S = 442 \cdot 9.51124903mV = 4.02V \quad \text{que nos da un error}$$

$$[22] \quad \varepsilon = \frac{V_{real} - V_{teorico}}{V_{teorico}} \cdot 100 = \frac{4.02 - 4.00}{4.00} \cdot 100 = 0.5\%$$

Que es un valor bastante pequeño.

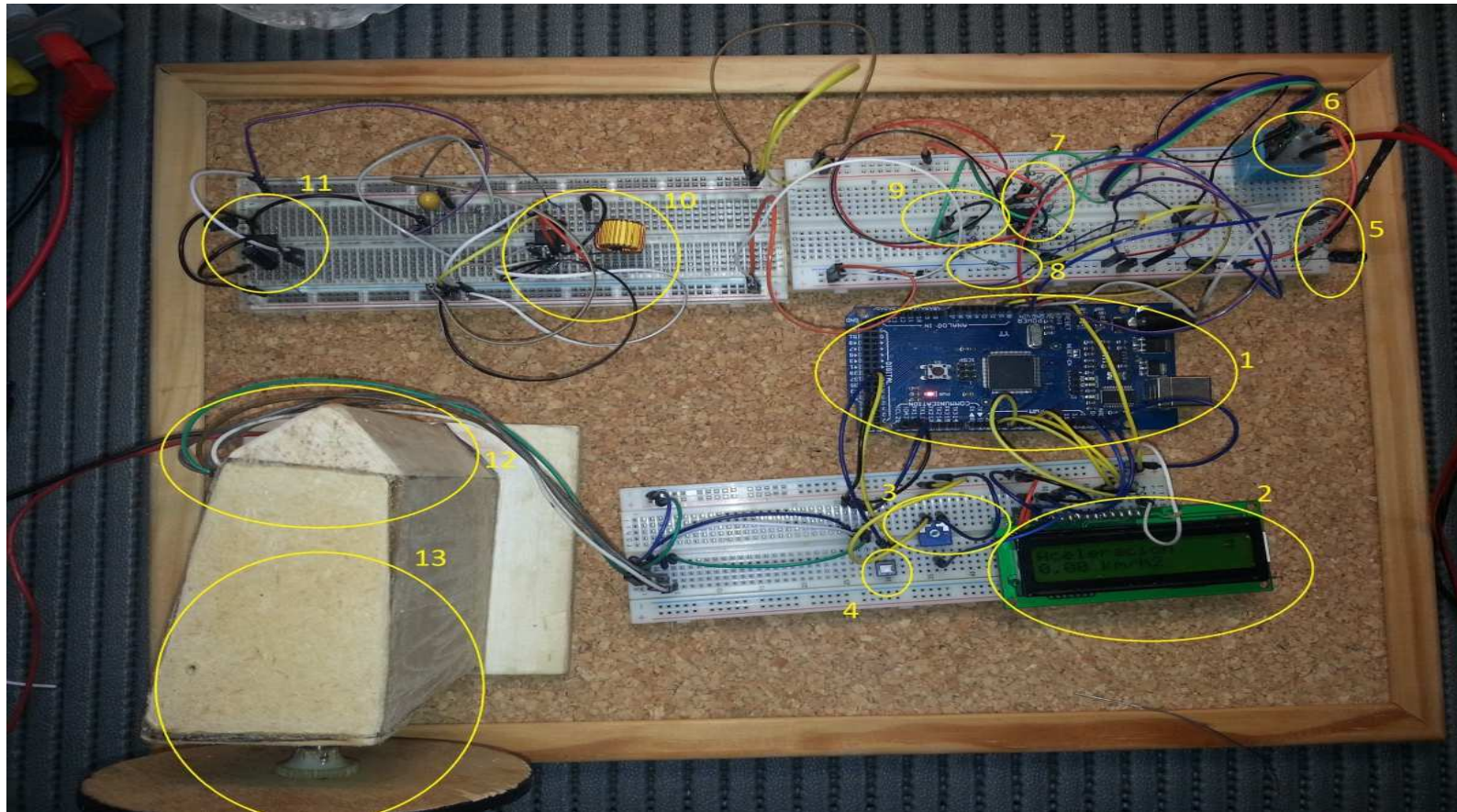
4.3 Problemas y Soluciones adoptadas

- El INA126, amplificador de instrumentación, no daba el voltaje que se deseaba, posiblemente por un defecto de fábrica o una mala praxis del datasheet
 - o La solución adoptada fue, tomando que se pidieron MC1548P de más por su bajo coste y sabiendo que eran amplificadores operacionales duales (2 por cada encapsulado), se decidió buscar la manera de construir un INA a partir de ellos.
- El encoder no contaba bien las revoluciones
 - o La solución finalmente fue introducir dos interrupciones al cambio, (tanto subida como bajada de señal), para cada una de las dos señales recibidas del encoder y acudir a una tabla de la librería para sumar o restar lo más precisamente posible. El método anterior a este se basaba en leer en la función loop() teniendo en cuenta el valor anterior y el actual, pero no contando con ciertos supuestos que amplían la garantía de medida.
- La pt100 vino en tamaño micro, la dificultad fue grande en añadido, ya que venía además con solo dos bornes
 - o La solución fue soldarle dos cables, aunque estos cables de seguro le suman resistencia a la propia resistencia interna de la pt100.
- A la hora de contar RPM demasiado tiempo de espera hace que no sea fiel lo que se muestra por pantalla y haya que esperar para verlo actualizado, y un tiempo demasiado corto hace poco fiable la medida ya que se multiplica como si siguiese a ese régimen durante un minuto
 - o La solución fue un tiempo de muestreo muy parecido al de refresco de la pantalla
- Adaptar el encoder al motor no fue fácil, ya que los dos son ejes y va a haber movimiento muy rápido relativo entre ellos, cada eje era de diferente tamaño y características (tipo de metal), la solución fue hacer un molde pequeño con hierro adoptando la forma de D que tiene el encoder y soldando otro molde pequeño en el eje del motor, posteriormente se sueldan los dos moldes con estaño especial para aluminio (Alusol®) y con un soldador a alta temperatura (450°C).

Capítulo5: PROTOTIPO

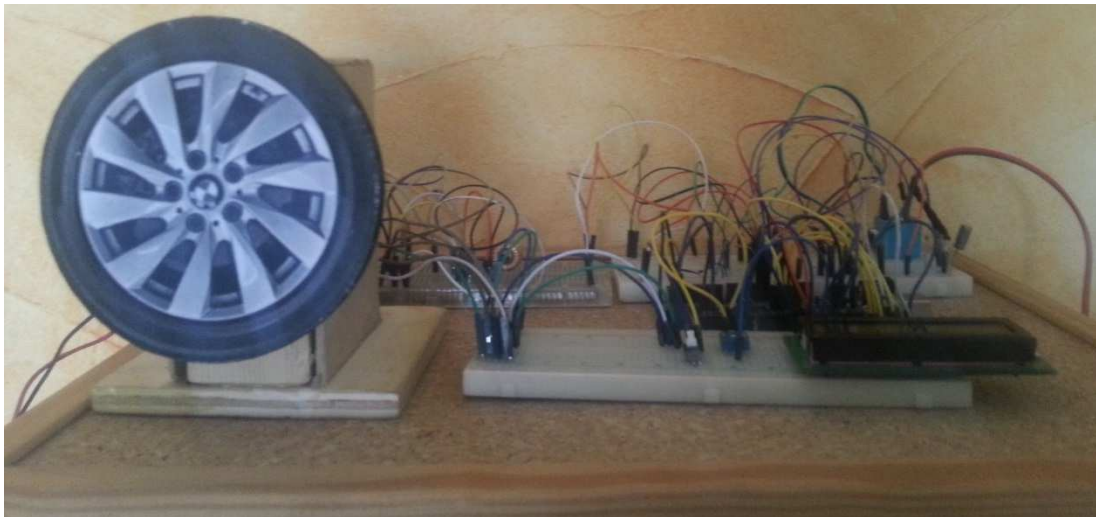
DESARROLLADO

5.1 Aspecto final del prototipo

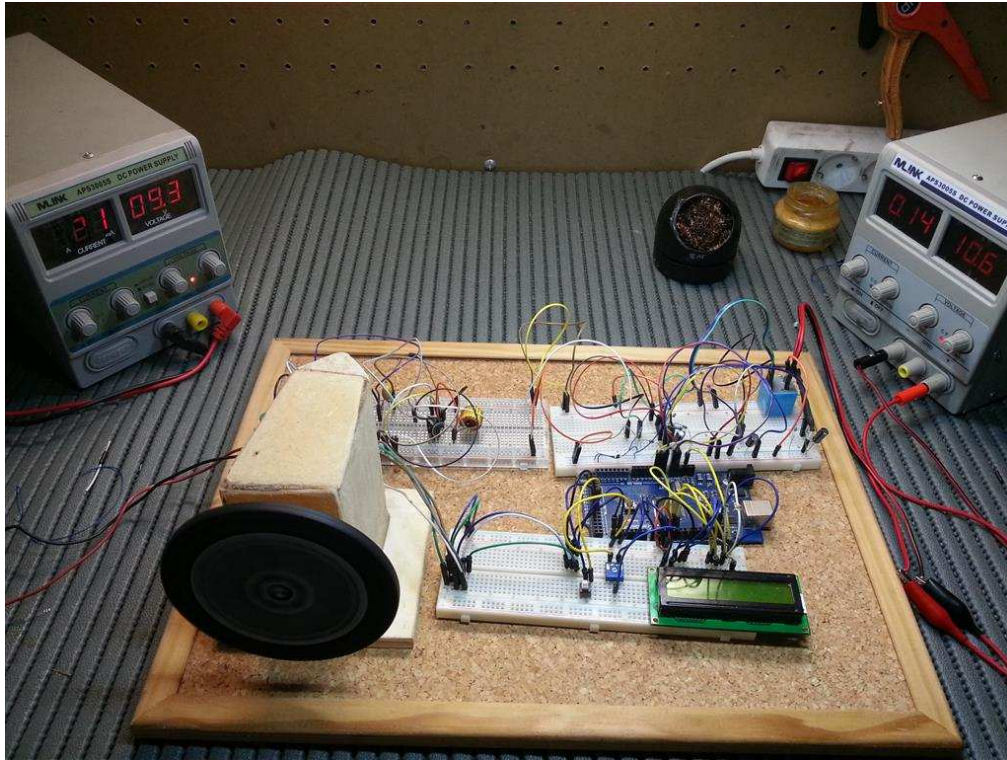


Descripción de partes:

1. Placa Arduino Mega (AVR atmel 1280)
2. LCD
3. Dimmer para display LCD
4. Pulsador para cambiar entre las funciones
5. Divisor de voltaje (cálculo de V de batería)
6. Transductor TH-15 (cálculo de consumo)
7. Etapa amplificación PT100 con MC1458P
8. PT100
9. Puente de Wheatstone
10. Elevador positivo con MC34063A
11. Inversor con TC7662B
12. Encoder magnético
13. Motor



Alzado

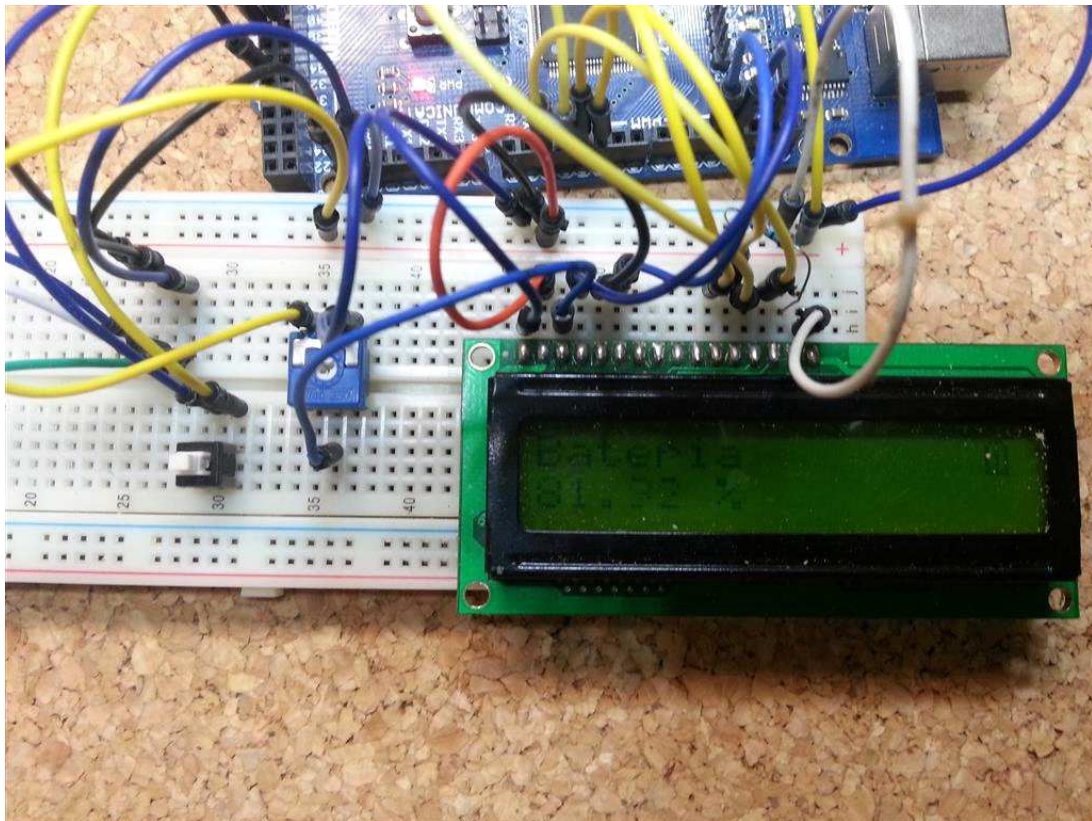


Vista General

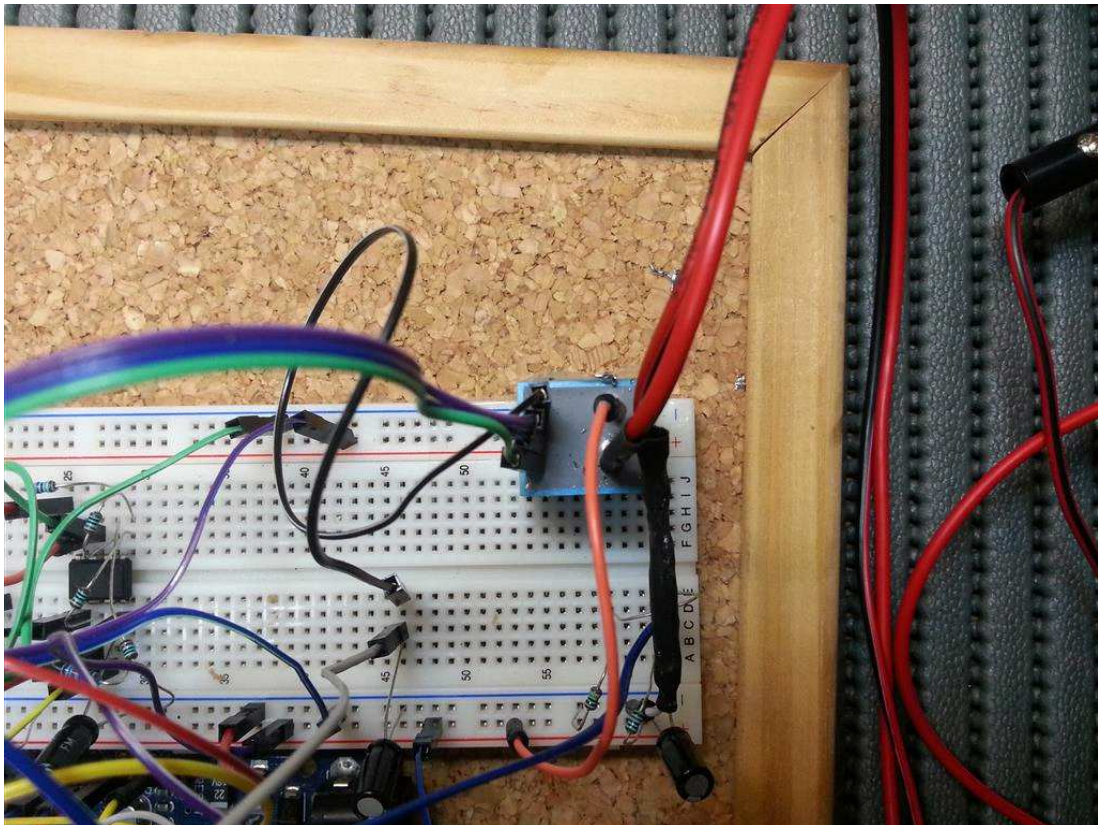
Detalles



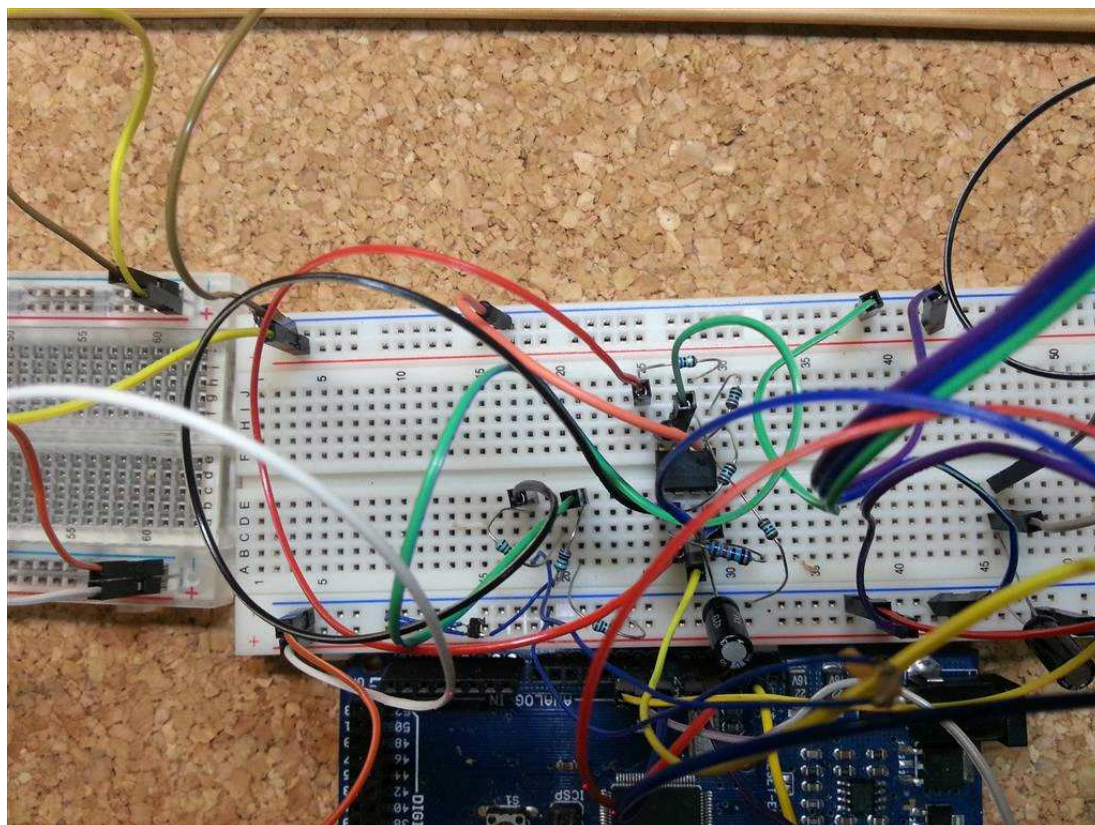
Detalle 1 Encoder



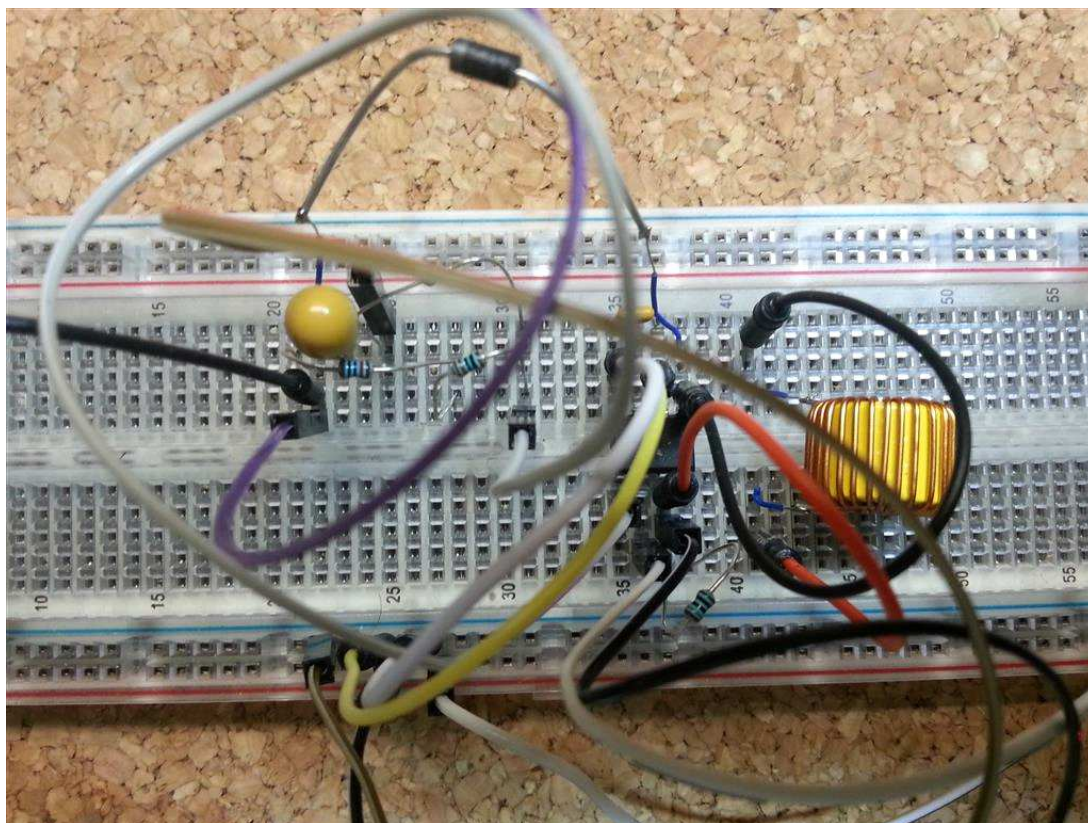
Detalle 2 Display LCD



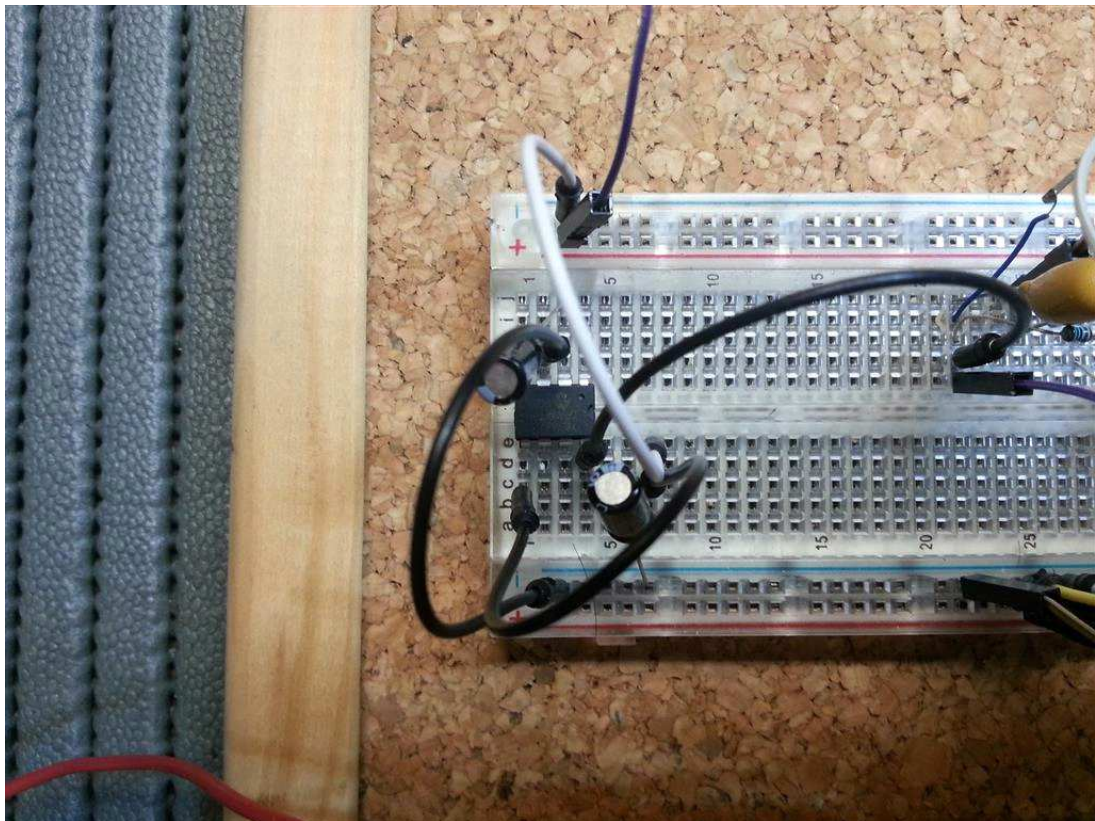
Detalle 3 Transductor Intensidad



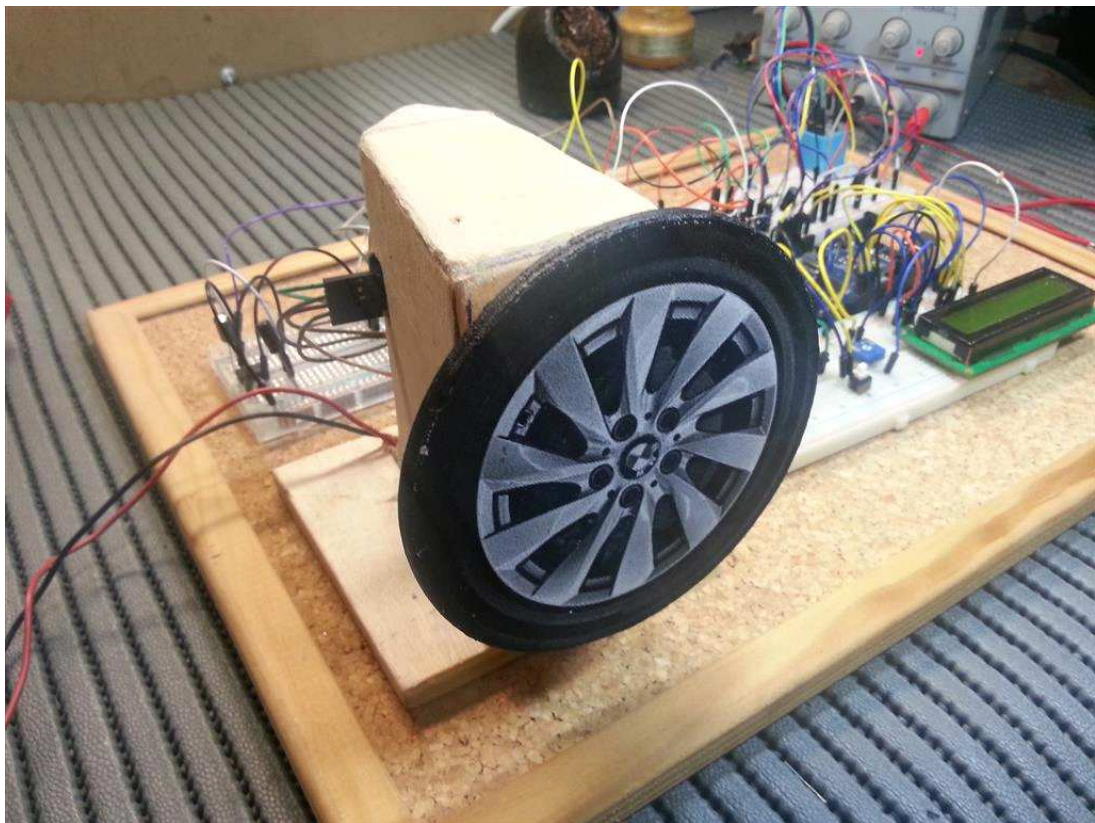
Detalle 4 Circuito Temperatura



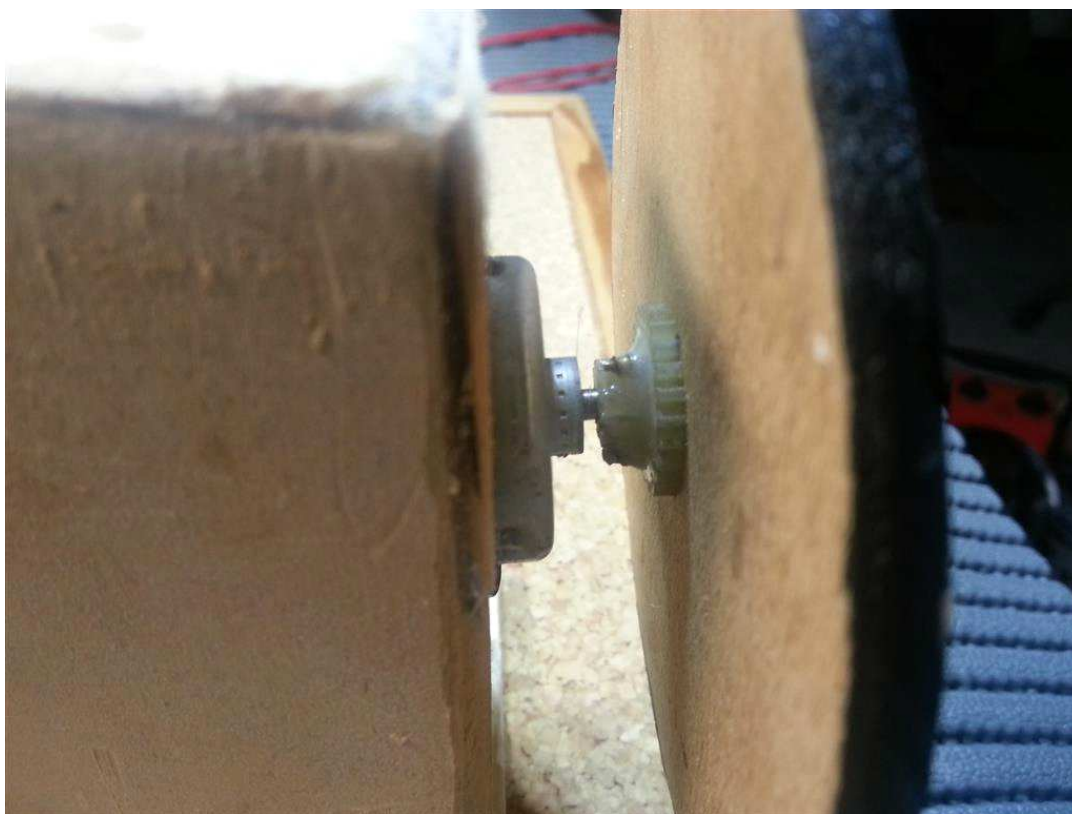
Detalle 5 Elevador de Tensión



Detalle 6 Inversor



Detalle 7 Rueda



Detalle 8 Junta del eje del motor con rueda

Capítulo 6: CONCLUSIONES LÍNEAS FUTURAS

Y

6.1 Conclusión

Este proyecto me ha ayudado a incrementar mis conocimientos de electrónica y de programación en Arduino, mi trabajo/hobby actual trata de la modificación/optimización electrónica de vehículos, con lo que este proyecto guarda una estrecha relación con mi vida actual.

Los objetivos se han cumplido en mayor medida y eso es lo que convierte todo este trabajo en satisfactorio, pues realmente se pueden medir todos estos parámetros desde el prototipo realizado. Bien es verdad que el prototipo podría tener mejor presentación si se aplicasen en líneas futuras las mejoras pensadas.

6.2 Líneas futuras

En un futuro se le podría añadir una caja donde poder guardar todos los componentes a la vez que crear una placa de circuito impreso (PCB) para no tener que utilizar las placas Board.

Una buena idea también es poder añadir un módulo GPS a nuestro proyecto, para poder saber la localización de nuestro vehículo, junto con un módulo GPRS para poder avisarnos al móvil (en el caso de robo)

Para mejorar esto además podemos crear otro programa en Android para poder ver los parámetros de nuestro vehículo y poder crear graficas/ datos estadísticos desde nuestro teléfono móvil, además de poder localizar el coche y ver la localización exacta a través del módulo GPS.

Bibliografía y Librerías

«Photo-CarBattery». Publicado bajo la licencia Dominio público vía Wikimedia Commons -

David Linden (ed), Handbook of Batteries Third Edition, McGraw Hill, New York, 2002 ISBN 0-07-135978-8, chapter 23

"Brushless DC motor design", Retrieved on April 26 2015.

"Full Conversion Table (sorted by Category)" Allmeasures.com, 2004, webpage: AM-Conversion-table

Wiki on CAN technology and products

Arduino MEGA overview - <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega>

LIBRERÍAS

Timer master for Arduino library - Simon Monk

Encoder with interruptions library - <http://www.pjrc.com/teensy/>

LCD libraries for Arduino

Anexo I: DATASHEETS



TC7662B

CHARGE PUMP DC-TO-DC VOLTAGE CONVERTER

FEATURES

- Wide Operating Voltage Range: 1.5V to 15V
- Boost Pin (Pin 1) for Higher Switching Frequency
- High Power Efficiency is 96%
- Easy to Use – Requires Only 2 External Non-Critical Passive Components
- Improved Direct Replacement for Industry Standard ICL7660 and Other Second Source Devices

APPLICATIONS

- Simple Conversion of +5V to ±15V Supplies
- Voltage Multiplication $V_{OUT} = \pm nV_{IN}$
- Negative Supplies for Data Acquisition Systems and Instrumentation
- RS232 Power Supplies
- Supply Splitter, $V_{OUT} = \pm V_S/2$

GENERAL DESCRIPTION

The TC7662B is a pin-compatible upgrade to the Industry standard TC7660 charge pump voltage converter. It converts a +1.5V to +15V input to a corresponding –1.5 to –15V output using only two low-cost capacitors, eliminating inductors and their associated cost, size and EMI.

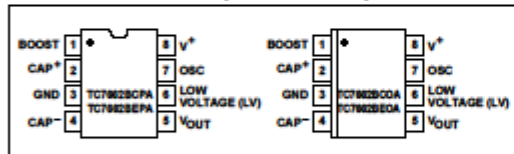
The on-board oscillator operates at a nominal frequency of 10kHz. Frequency is increased to 35kHz when pin 1 is connected to V^+ , allowing the use of smaller external capacitors. Operation below 10kHz (for lower supply current applications) is also possible by connecting an external capacitor from OSC to ground (with pin 1 open).

The TC7662B is available in both 8-pin DIP and 8-pin small outline (SO) packages in commercial and extended temperature ranges.

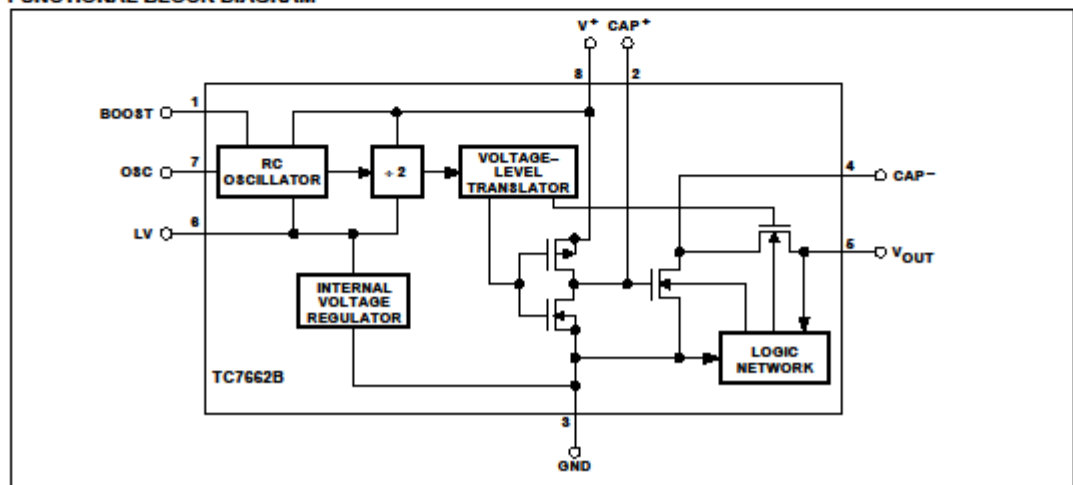
ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Temperature Range
TC7662BCOA	8-Pin SOIC	0°C to +70°C
TC7662BCPA	8-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C
TC7662BEOA	8-Pin SOIC	–40°C to +85°C
TC7662BEPA	8-Pin Plastic DIP	–40°C to +85°C
TC7660EV	Evaluation Kit for Charge Pump Family	

PIN CONFIGURATION (DIP AND SOIC)



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Current Transducer

Hall Effect



Features:

- Highly reliable hall effect device.
- Compact and light weight.
- Fast response time.
- Excellent linearity of the output voltage over a wide input range.
- Excellent frequency response ($> 50 \text{ KHz}$).
- Low power consumption (12 mA nominal).
- Capable of measuring both DC and AC, both pulsed and mixed.
- High isolation voltage between the measuring circuit and the current-carrying conductor (2.5 KV ac).
- Extended operating temperature range.
- Flame-Retardant plastic case and silicone encapsulate, using UL classified materials, ensures protection against environmental contaminants and vibration over a wide temperature and humidity range.

Applications

- UPS systems.
- Industrial robots.
- NC tooling machines.
- Elevator controllers.
- Process control devices.
- AC and DC servo systems.
- Motor speed controller.
- Electrical vehicle controllers.
- Inverter-controlled welding machines.
- General and special purpose inverters.
- Power supply for laser processing machines.
- Controller for traction equipment e.g. electric trains.
- Other automatic control systems.

Specification Table

Parameter	Symbol	Unit	TH3A thru TH30A
Nominal Input Current	I_{IN}	A dc	3 to 30
Linear Range	I_{LS}		± 9 to $\pm 150 = 3 \times I_{IN}$
Nominal Output Voltage	V_{IN}	V	4 V $\pm 1\%$ at $I_f = I_{IN}$ ($R_L = 10 \text{ K}\Omega$)
Offset Voltage	V_{OS}	mV	Within $\pm 40 \text{ mV}$ at $I_f = 0$, $T_a = 25^\circ\text{C}$
Output Resistance	R_{OUT}	Ω	$< 100 \Omega$
Hysteresis Error	V_{OH}	mV	Within $\pm 15 \text{ mV}$ at $I_f = I_{IN} \rightarrow 0$
Supply Voltage	V_{CC} / V_{EE}	V	$\pm 15 \text{ V} \pm 5\%$
Linearity	ρ	%	Within $\pm 1\%$ of I_{IN}
Consumption Current	I_{CC}	mA	$\pm 12 \text{ mA}$ nominal, $\pm 16 \text{ mA}$ Max.
Response Time ($90\% V_{IN}$)	T_r	μs	5 μs Max. at $d I_f / dt = I_{IN} / \mu\text{s}$
Frequency Bandwidth (-3 dB)	f_{BW}	Hz	DC to 50 KHz
Thermal Drift of Output	-	% / $^\circ\text{C}$	Within $\pm 0.1\%$ / $^\circ\text{C}$ at I_{IN}
Thermal Drift of Zero Current Offset		mV / $^\circ\text{C}$	Within $\pm 1.5 \text{ mV}$ / $^\circ\text{C}$ at I_{IN}

www.element14.com
www.farnell.com
www.newark.com





Low Power, Low Noise Voltage References with Sink/Source Capability

ADR360/ADR361/ADR363/ADR364/ADR365/ADR366

FEATURES

Compact TSOT packages
 Low temperature coefficient
 B grade: 9 ppm/°C
 A grade: 25 ppm/°C
 Initial accuracy
 B grade: ± 3 mV maximum
 A grade: ± 6 mV maximum
 Ultralow output noise: 6.8 μ V p-p (0.1 Hz to 10 Hz)
 Low dropout: 300 mV
 Low supply current: 190 μ A maximum
 No external capacitor required
 Output current: +5 mA/−1 mA
 Wide temperature range: −40°C to +125°C
 Qualified for automotive applications

APPLICATIONS

Battery-powered instruments
 Portable medical instruments
 Data acquisition systems
 Industrial process controls
 Automotive

PIN CONFIGURATION

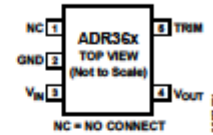


Figure 1. 5-Lead TSOT (U)

Table 1. ADR36x Family of Devices

Model	V _{OUT} (V) ¹	Temperature Coefficient (ppm/°C)	Accuracy (mV)
ADR360B	2.048	9	± 3
ADR360A	2.048	25	± 6
ADR361B	2.5	9	± 3
ADR361A	2.5	25	± 6
ADR363B	3.0	9	± 3
ADR363A	3.0	25	± 6
ADR364B	4.096	9	± 4
ADR364A	4.096	25	± 8
ADR365B	5.0	9	± 4
ADR365A	5.0	25	± 8
ADR366B	3.3	9	± 4
ADR366A	3.3	25	± 8

¹ Contact Analog Devices for other voltage options.

GENERAL DESCRIPTION

The ADR360/ADR361/ADR363/ADR364/ADR365/ADR366 are precision 2.048 V, 2.5 V, 3.0 V, 4.096 V, 5.0 V, and 3.3 V band gap voltage references that offer low power and high precision in tiny footprints. Using patented temperature drift curvature correction techniques from Analog Devices, Inc., the ADR36x references achieve a low temperature drift of 9 ppm/°C in a TSOT package.

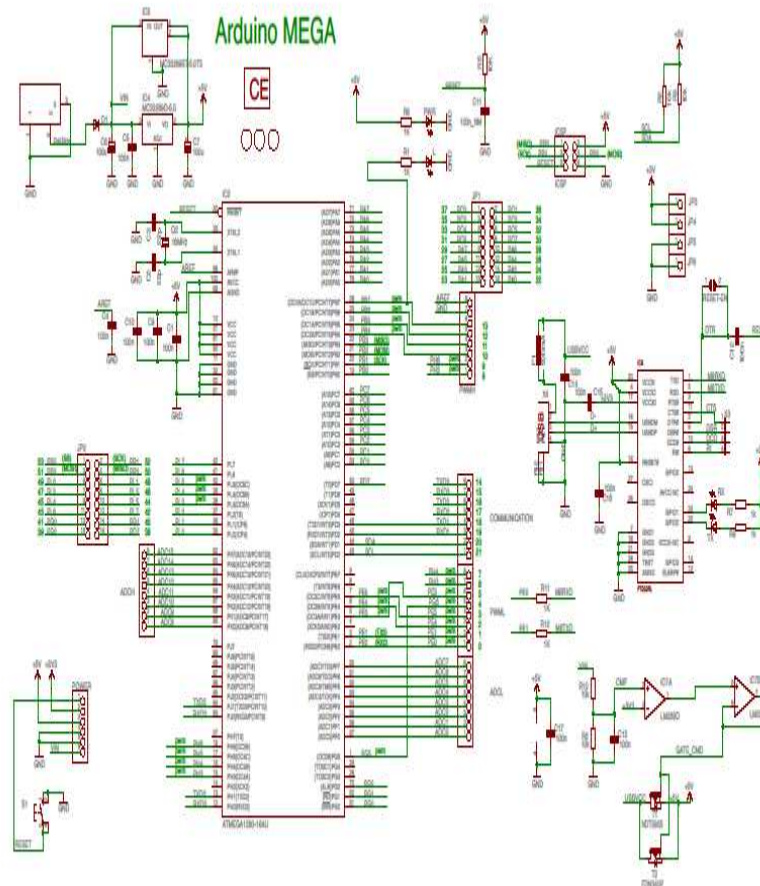
The ADR36x family of micropower, low dropout voltage references provides a stable output voltage from a minimum

supply of 300 mV above the output. Their advanced design eliminates the need for external capacitors, which further reduces board space and system cost. The combination of low power operation, small size, and ease of use makes the ADR36x precision voltage references ideally suited for battery-operated applications.

See the Ordering Guide for automotive grades.

Rev. D
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2005–2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.





Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V

8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash

DATASHEET

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 4Kbytes EEPROM
 - 8Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
 - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, slides and wheels
 - QTouch and QMatrix acquisition
 - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE® std. 1149.1 compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four 8-bit PWM Channels
 - Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Output Compare Modulator
 - 8/16-channel, 10-bit ADC (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte Oriented 2-wire Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 54/86 Programmable I/O Lines (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
 - 64-pad GFN/MLF, 64-lead TQFP (ATmega1281/2561)
 - 100-lead TQFP, 100-ball CBGA (ATmega640/1280/2560)
 - RoHS/Full Green
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C Industrial
- Ultra-Low Power Consumption
 - Active Mode: 1MHz, 1.8V: 500µA
 - Power-down Mode: 0.1µA at 1.8V
- Speed Grade:
 - ATmega640V/ATmega1280V/ATmega1281V:
 - 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega2560V/ATmega2561V:
 - 0 - 2MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega640/ATmega1280/ATmega1281:
 - 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V
 - ATmega2560/ATmega2561:
 - 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V

2549Q-AVR-02/2014

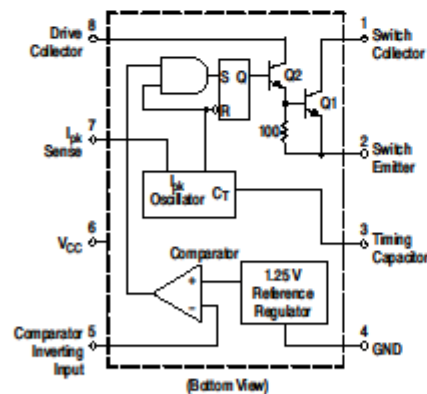
MC34063A, MC33063A, SC34063A, SC33063A, NCV33063A

1.5 A, Step-Up/Down/ Inverting Switching Regulators

The MC34063A Series is a monolithic control circuit containing the primary functions required for DC-to-DC converters. These devices consist of an internal temperature compensated reference, comparator, controlled duty cycle oscillator with an active current limit circuit, driver and high current output switch. This series was specifically designed to be incorporated in Step-Down and Step-Up and Voltage-Inverting applications with a minimum number of external components. Refer to Application Notes AN920A/D and AN954/D for additional design information.

Features

- Operation from 3.0 V to 40 V Input
- Low Standby Current
- Current Limiting
- Output Switch Current to 1.5 A
- Output Voltage Adjustable
- Frequency Operation to 100 kHz
- Precision 2% Reference
- Pb-Free Packages are Available



This device contains 79 active transistors.

Figure 1. Representative Schematic Diagram



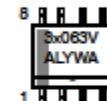
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

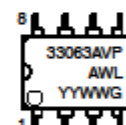
MARKING DIAGRAMS



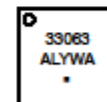
SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



PDIP-8
P, P1 SUFFIX
CASE 626



DFN8
CASE 488AF



x = 3 or 4
A = Assembly Location
L, WL = Wafer Lot
Y, YY = Year
W, WW = Work Week
G or * = Pb-Free Package

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 12 of this data sheet.

ON Semiconductor™



Internally Compensated, High Performance Dual Operational Amplifiers

The MC1458, C was designed for use as a summing amplifier, integrator, or amplifier with operating characteristics as a function of the external feedback components.

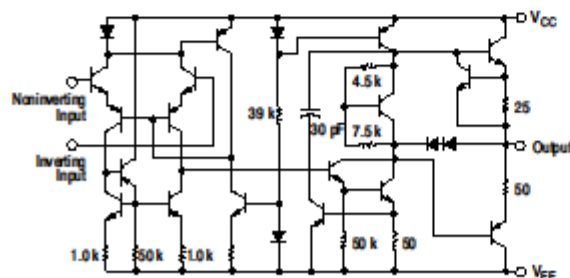
- No Frequency Compensation Required
- Short Circuit Protection
- Wide Common Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Power Consumption
- No Latch-Up

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+18 -18	Vdc
Input Differential Voltage	V_{ID}	± 30	V
Input Common Mode Voltage (Note 1)	V_{ICM}	± 15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t_{SC}	Continuous	
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to $+70$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to $+125$	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	150	$^\circ\text{C}$

NOTES: 1. For supply voltages less than ± 15 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
2. Supply voltage equal to or less than 15 V.

Representative Schematic Diagram



MC1458, C

DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS (DUAL MC1741)

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

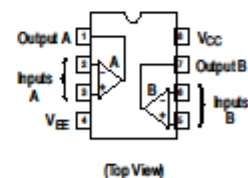


P1 SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC1458CD, D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
MC1458CP1, P1		Plastic DIP