



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER ESTUDIO Y DISEÑO MECATRÓNICO DE UN CAMBIO SECUENCIAL PARA MOTOCICLETAS.

Autor: Juan Ignacio Fernández del Río

Director: Juan Norberto Moriñigo

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio y Diseño Mecatrónico de un Cambio Secuencial para Motocicletas.
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/22 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Juan Ignacio Fernández del Río

Fecha: 19/07/2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

NORVERTO
MORIÑIGO JUAN -
DNI 09746499L

Firmado digitalmente por
NORVERTO MORIÑIGO JUAN - DNI
09746499L
Fecha: 2022.08.16 12:17:56 +02'00'

Fdo.: Juan Norverto Moriñigo

Fecha: 29/07/2022



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER ESTUDIO Y DISEÑO MECATRÓNICO DE UN CAMBIO SECUENCIAL PARA MOTOCICLETAS.

Autor: Juan Ignacio Fernández del Río

Director: Juan Norberto Moriñigo

Madrid

Agradecimientos

A mis padres, por su apoyo y paciencia mayúsculos, sin ellos no habría sido posible llegar hasta aquí.

ESTUDIO Y DISEÑO MECATRÓNICO DE UN CAMBIO SECUENCIAL PARA MOTOCICLETAS.

Autor: Juan Ignacio Fernández del Río.

Director: Juan Norverto Moriñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El uso de sistemas de asistencia a la conducción se ha convertido en una de las principales vías de innovación y mejora de eficiencias y seguridad en los vehículos de hoy en día. Es por eso por lo que cada vez se pueden ver más a menudo, marcas incluyendo sistemas de cambio secuencial en los paquetes de mejora disponibles para sus motocicletas de mayor gama. Sin embargo, un gran porcentaje de los usuarios de motocicletas optan por vehículos de segunda mano o de gamas más accesibles. El proyecto trata de paliar una necesidad que tienen este tipo de usuarios, cuyo poder adquisitivo no les permite acceder a las gamas más altas o a motocicletas modernas. Es por ello por lo que se ha decidido crear un producto lo más estándar posible, con el fin de garantizar un alcance universal para todos los vehículos sin importar las tecnologías con las que cuenten

Para lograrlo se ha hecho una investigación acerca de la dinámica básica de una motocicleta y como afecta esta a las partes implicadas en el proceso de cambio de marcha. A partir de esos datos se ha procedido desarrollar un sistema que permita una adaptabilidad máxima a cualquier situación y vehículo en la que se instale.

Se ha diseñado el hardware de forma que pueda interaccionar con cualquier motocicleta, dejando el acondicionamiento de algunos sensores al instalador para asegurar la compatibilidad y haciendo un diseño del sensor principal de cambio de marchas bidireccional electrónico simplificado para su uso universal.

Por último se ha desarrollado un programa con todas las funciones necesarias para interpretar los datos proporcionados por los sensores de telemetría instalados. Esto permite el uso seguro del dispositivo y su adaptabilidad a cualquier moto siendo algunos parámetros importantes modificables para poder aumentar su rendimiento y eficiencia.

De este modo se ha desarrollado un sistema completo que pretende mejorar la eficiencia de la conducción, la adaptación y curva de aprendizaje de los nuevos usuarios y la seguridad durante su uso.

STUDY AND MECHATRONIC DESIGN OF A SEQUENTIAL GEAR SHIFTING DEVICE FOR MOTORCYCLES

Author: Juan Ignacio Fernández del Río.

Supervisor: Juan Norverto Moriñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The use of driving assistance systems has become one of the main avenues of innovation and improvement of efficiency and safety in today's vehicles. That is why more and more often, you can see brands including sequential shift systems in the extra packages available for their top-of-the-range motorbikes. However, a large percentage of motorbike users opt for second-hand or more affordable vehicles. This project aims to alleviate the need of these users, whose purchasing power does not allow them to access the higher ranges or modern motorbikes. This is the main reason why it has been decided to create a product that is as standard as possible, to guarantee a universal scope for all vehicles, regardless of their technology.

To achieve this, research has been carried out into the basic dynamics of a motorbike and how this affects the parts involved in the gear shifting process. Based on this data, a system has been developed that allows maximum adaptability to any situation and vehicle in which it is installed.

The hardware has been designed so that it can interact with any motorbike, leaving the fitting of some sensors to the installer to ensure compatibility and making the design of the main bi-directional electronic gear change sensor simplified for universal use.

Finally, a complete program has been developed with all the necessary functions to interpret the data provided by the telemetry sensors installed. This allows the safe use of the device and its adaptability to any motorbike, with some important parameters being modifiable to increase its performance and efficiency.

In this way, a complete system has been developed aiming to improve riding efficiency, the adaptability to a motorcycle and the learning curve of new users, and safety during use.

Índice de la Memoria

1. Introducción.....	7
1.1 Motivación	7
1.2 Alcance del Proyecto:	8
1.3 Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible	9
2. Objetivos.....	10
3. Estado de la Cuestión.....	11
4. Justificación.....	12
5. Descripción de Tecnologías.....	13
6. Investigación	15
6.1 Dinámica Básica de una Motocicleta.....	15
6.2 Funcionamiento de la Caja de Cambios.....	26
6.3 Velocidades de la Caja de Cambios.....	27
6.4 Funcionamiento de un Acelerador Electrónico	29
6.5 Funcionamiento de un Sistema de Quickshifting y Autoblipper	30
6.6 Mejora en la Agudeza visual y la Coordinación	31
6.7 Riesgos Posibles del Dispositivo en el Diseño.....	32
6.8 Análisis del Mercado	33
6.9 Comparación Cambio Automático	34
7. Desarrollo del Hardware	35
7.1 Diseño 3D del Sensor de Cambio de Marcha Universal.....	35
7.2 Acondicionamiento del Controlador, sus Entradas y sus Salidas	37
7.3 Elección de Sensores de Medida de Telemetría Básica de la Motocicleta	40
7.4 Entradas al Sistema de la Motocicleta:	44
8. Desarrollo del Software.....	45
8.1 Diagrama de Estados:	45
o Estados (OFF, 1-way, 2-way):	46

8.2	Sensores:	46
○	Entradas Sensores Analógicos	46
○	Entradas Sensores Digitales	49
○	Salidas Digitales	50
8.3	Función Tabla de Tiempos (corte de inyección)	51
8.4	Corrección del Acelerador Electrónico (% de gas al reducir)	52
8.5	Prototipo Funcional	54
9.	Conclusiones	56
10.	Bibliografía	57
11.	ANEXO I. Main	58
12.	Anexo II. Drivers.....	73
12.1	Timer1.c	73
12.2	Timer2.c	74
12.3	Timer3.c	75
12.4	Retardo.c	76
12.5	pwm.c	77
12.6	adc.c	81
13.	Anexo III. Hojas de Datos.....	83

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de distribución de masas de una motocicleta [1]	15
Figura 2. Diagrama de distribución de masas al accionar el freno delantero[1]	17
Figura 3. Diagrama de distribución de masas al accionar el freno trasero[1]	18
Figura 4. Diagrama de distribución de masas al realizar una frenada combinada[1]	19
Figura 5. Diagrama de representación del efecto cono durante la curva ^[1]	21
Figura 6. Reparto de fuerzas transversales durante el paso por curva de la motocicleta ^[1]	22
Figura 7. Inclinación necesaria según velocidad y radio de giro de la motocicleta ^[1]	23
Figura 8. Gráfica de inclinación necesaria según velocidad y radio de giro de la motocicleta ^[1]	24
Figura 9. Valores de RPM según la velocidad para distintas marchas en un motor de 4 tiempos ^[4]	28
Figura 10. Representación 3D del sensor bidireccional de cambio de marcha	35
Figura 11. Representación en 2D del sensor bidireccional de cambio de marcha y sus dimensiones	36
Figura 12. Esquema PIC33FJ32MC202	37
Figura 13. Esquema de montaje y acondicionamiento de entradas y salidas del microcontrolador.....	38
Figura 14. Potenciómetro WAYCON LZW-LRW.....	41
Figura 15. Inclinómetro DOG2 MEMS SERIES	42
Figura 16. Sensor activo de revoluciones.....	43
Figura 17. Diagrama de estados del programa	45
Figura 18. Gráfica de tensión - ángulo de inclinación.	47
Figura 19. Señal de tensión del sensor activo de revoluciones.	47
Figura 20. Prototipo de desarrollo	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de tiempos de corte según RPM y carga en el motor	52
--	----

Índice de Palabras Clave

- **ABS (Anti-lock Braking System):** dispositivo que hace variar la fuerza de frenado para evitar que los neumáticos resbalen sobre el suelo en el proceso de frenado
- **Sistema de transmisión:** sistema situado entre el motor y el contacto con el suelo para transmitir la energía de la combustión, incluye el embrague, la caja de cambios, la cadena o cardan, entre otros.
- **Eje de motor:** eje de rotación que traslada la energía desde el motor hacia el sistema de transmisión.
- **Eje de la rueda:** eje que traslada la rotación de la transmisión a la rueda trasera.
- **RPM:** revoluciones por minuto.
- **Embrague antirrebote:** sistema de embrague desarrollado específicamente para compensar una diferencia de velocidad en los ejes del motor y de la rueda de forma que evite el bloqueo de la rueda al reducir la marcha.
- **Microcontrolador:** circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.
- **Varillas del cambio:** varillas metálicas que transmiten la fuerza hecha por el piloto en la palanca del cambio de marcha hacia la caja de cambios.
- **Relé:** dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador.
- **Mosfet:** transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor utilizado para amplificar o conmutar señales electrónicas.
- **Pull-up:** método de conexión por el cual la señal sin accionar es de 3,3V.
- **Pull-down:** método de conexión por el cual la señal sin accionar es de 0V.
- **PWM (modulación por ancho de pulsos):** técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica.
- **ECU (Unidad de control de motor):** unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación de un motor de combustión interna.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 *Motivación*

Si se echa la vista hacia las grandes ciudades del mundo, se puede ver una necesidad clara de reducir la cantidad de automóviles circulando por ellas, esta situación además se ha visto empeorada aún más debido a la pandemia mundial, por la que se ha reducido el uso de transporte público utilizado. La necesidad de disminuir las emisiones locales de los vehículos añadida a la de mejorar la movilidad de las personas, no se ven reflejadas en la cantidad de motocicletas circulando en las calles de la mayoría de las ciudades.

Aunque parece obvio que el uso de métodos de transportes más ligeros que los automóviles ayudaría, hoy en día se entiende la motocicleta como un vehículo más temerario y menos accesible que el coche por su mayor exposición a los accidentes.

Con el fin de mejorar la accesibilidad de un usuario medio al motociclismo, deben surgir nuevas tecnologías que aumenten la seguridad y la facilidad de uso de estos vehículos. Algunas como el ABS y se han integrado completamente en la fabricación de motocicletas dado su alto impacto en la mejora de la seguridad y conducción. Sin embargo, otras como los cambios secuenciales, se perciben aún hoy en día como un lujo destinado a la conducción deportiva y no al uso cotidiano.

Un sistema de quickshifting, es un dispositivo que, mediante el uso de electrónica, es capaz de cortar la inyección del motor en el momento preciso para permitir el engrane de una marcha al ser cambiada sin uso de embrague. Si el sistema incluye la función auto-blipper, este será capaz de revolucionar el motor al reducir de marcha para sincronizar su eje con el de la rueda.

La implementación de estos sistemas, en motos destinadas a usuarios estándar, supondría una gran mejoría en la adaptación a la conducción de cualquier usuario no experimentado, o con poca confianza en el manejo de motocicletas manuales. El cambio de marchas es fundamental para un correcto manejo de las situaciones de peligro, permitiendo reducir considerablemente los metros de frenada, y mejorar el agarre y respuesta de la moto en maniobras de emergencia. Además la liberación de acciones manuales como embragar, reducir el gas o dar un golpe de gas en caso de no tener embrague antirrebote, permite una mayor concentración en la conducción y aumenta la anticipación a las distintas situaciones que se pueden dar^[2].

La finalidad del proyecto es crear un sistema integrable en cualquier moto manual, que permita la implementación del dispositivo de forma sencilla y con costes mesurados. Dejando de lado la percepción de artículo de lujo o Racing, y siendo la ayuda a la conducción la principal finalidad de este.

1.2 Alcance del Proyecto:

El proyecto deberá incluir cierta telemetría básica para mejorar el funcionamiento de sistema, así como los prediseños mecánicos y electrónicos y algunas de las variables actuales que ofrece el mercado. Además de la programación del dispositivo y los parámetros utilizados en cada caso.

Puesto que, el objetivo principal del proyecto es que permita un acercamiento para cualquier persona a estos dispositivos, se propondrán distintos diseños estéticos además de distintas adaptaciones del mismo sistema para hacerlo más o menos simple dependiendo del destinatario final.

1.3 Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible

Aunque la repercusión aislada de un sistema de estas características no supone un avance significativo en la mejora de la sostenibilidad global, se debe tener en cuenta las ventajas de su uso a gran escala.

La implementación de estos sistemas de forma generalizada supone:

- Una mejora en la eficiencia de conducción de los usuarios de vehículos emisores de CO₂ como son las motocicletas con motores de combustión interna.
- Una mayor facilidad en la adaptación de los usuarios al uso de motocicletas, así como una mayor seguridad debido al aumento de capacidad de reacción y al correcto uso del motor en situaciones de peligro ^[2]. Esto debe traducirse en un acercamiento al uso de motocicletas por parte de personas reacias debido a la falta de experiencia, confianza o seguridad en estos vehículos.
- El aumento en el uso de motocicletas, lo que supone no solo una más que aceptable reducción en las emisiones locales producidas por vehículos de combustión, sino también, una mejoría considerable en la movilidad de las personas produciéndose un efecto añadido a lo mencionado anteriormente.

Por estos motivos, se puede concluir que el uso a gran escala de este dispositivo se traduce en una mejora en la movilidad y contaminación local en las ciudades. También se consigue mejorar la seguridad de los pilotos. Cubriendo los ODS de Salud y Bienestar, Ciudades y Comunidades Sostenibles, Acción por el Clima y, finalmente Industria Innovación e Infraestructura.

2. OBJETIVOS

Mediante el uso de un microcontrolador debidamente programado se pretende diseñar y crear de cero un sistema de cambio de marchas secuencial bidireccional. El diseño incluye desde la disposición del microcontrolador con las entradas y salidas de este debidamente dimensionadas para aprovechar la sensibilidad, hasta el diseño 3D de el sensor de detección de accionamiento de la palanca de cambio.

Como objetivos:

- .1. Realizar un software de cambio secuencial bidireccional que permita su implementación de forma universal.
- .2. Optimización del diseño para adaptarlo a una moto convencional.
- .3. Obtener un producto completo y adaptable a la situación y circunstancia que exija la moto en la que se implementa.
- .4. Asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento durante su uso, mediante medidas de seguridad en el diseño.
- .5. Realizar un prototipo completo, físico y funcional.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Actualmente, existen muchos modelos de sistemas de cambio secuenciales. La mayoría de ellos solamente permiten el cambio de marchas en orden ascendente, sin embargo, con la implementación de los aceleradores electrónicos en motos para usuarios más comunes, se abrió la posibilidad de crear sistemas que incluyen autoblipper.

Los sistemas de quickshifting consisten en sincronizar la presión ejercida en la caja de cambios con el corte de la inyección del motor de modo que al producirse la pérdida de carga en el eje del cambio, la marcha se engrana sin esfuerzo.

La principal diferencia entre un sistema destinado únicamente al aumento de marcha o uno bidireccional, es que para el primero caso no es necesario nada más que cortar el encendido. Mientras que, en los sistemas bidireccionales es necesario medir los distintos parámetros de telemetría con el fin de poder sincronizar las revoluciones del motor con las de la rueda al reducir la marcha. Si esto no se hiciera supondría un riesgo en la seguridad y la integridad del motor.

4. JUSTIFICACIÓN

Desde hace unos años atrás el mundo del motociclismo está sufriendo una revolución tecnológica impulsada por la investigación destinada a las competiciones de velocidad. Durante años se podían ver tecnologías muy diferentes entre el mundo de la competición y el de los usuarios estándar del motor. Sin embargo, el avance de las tecnologías ha hecho que cada vez estas innovaciones se volvieran más asequibles y baratas de implementar, acercándolas al usuario medio.

Hoy en día se pueden encontrar en el mercado de venta al público auténticas motos de competición con las más altas tecnologías. Sin embargo, una de las más interesantes aplicables no solamente a la competición, sino también al uso cotidiano, parece no terminar de encontrar su hueco entre los usuarios menos fanáticos. La tecnología de un quickshifter y autoblipper puede tener un recorrido mucho mayor del que se proyecta actualmente, destinado principalmente a personas que disfrutan de una conducción más exigente de su moto.

La idea principal de este proyecto es diseñar desde cero un sistema de quickshift y autoblipper que permite el aumento y la reducción de marcha sin embrague, teniendo en cuenta parámetros como la inclinación de la moto, la carga en los ejes, la velocidad, la posición del acelerador y las RPM del motor.

5. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS

Las motocicletas de la actualidad funcionan en su inmensa mayoría mediante un motor de combustión interna de 4 tiempos propulsado por gasolina. Hay alguna excepción, de motores de 2 tiempos incluso se ha hecho alguna propulsada por diésel, sin embargo estas no incumben al mercado al que está destinado el producto.

Por norma general las motocicletas que se pueden encontrar en las calles montan un cambio de marchas manual con el embrague en la maneta izquierda y la palanca de cambios en el pie derecho, con dirección convencional o invertida. Se pueden encontrar cambios automáticos incluso las llamadas scooter montan en su mayoría un variador, que permite olvidarse también del cambio de marchas. Hoy en día el cambio manual es que más prolifera por las calles, siendo el segundo el variador.

Las motocicletas modernas incluyen en sus especificaciones ventajas tecnológicas como el llamado acelerador electrónico, que se encarga de, mediante una señal recibida e interpretada por la ECU desde el puño de acelerador, abrir las válvulas de inyección controladas por un servomotor conectado a la centralita. Otros sistemas como el ABS que, mediante la lectura de la velocidad de la rueda trasera a través de un sensor inductivo y un anillo magnético, es capaz de interpretar cuándo se va a producir un bloqueo e intervenir para evitarlo.

Las motocicletas más antiguas, apenas disponen de estas tecnologías en su mayoría, siendo la aceleración una conexión directa a través del cable del acelerador. La electrónica que incorporan se encarga únicamente de manejar el ordenador a bordo, los ciclos de encendido y las señales conectadas al sistema eléctrico del vehículo.

Algunas motocicletas, en especial aquellas destinadas a la velocidad y la competición, incluyen sistemas de cambio secuencial unidireccionales o bidireccionales, en

su mayoría desarrollados por la propia marca para encajar tan solo en algunos modelos determinados.

Durante el proyecto se hace uso de un microcontrolador, para que el sistema funcione correctamente se debe escoger uno con la potencia de procesado y la frecuencia suficiente para realizar todas las tareas en el momento requerido. La opción más viable para este proyecto es el PIC33FJ32MC202, por su potencia suficiente y la familiaridad con el chip usado durante el curso de Sistemas Electrónicos de Máster. Sus características son:

- Funciona a 16bits y tiene 28 pines de conexión y una frecuencia del oscilador de 39,61375MHz.
- Cuenta con 6 entradas del Conversor A/D integrado.
- Tiene 3 temporizadores integrados.
- Funcionamiento de -40°C a +150°C.
- 2 Kbyte de memoria RAM y 32 Kbyte de Memoria de programa.
- Otros periféricos: PWM, I2C, UART, QEI, CN y SPI.

6. INVESTIGACIÓN

6.1 *Dinámica Básica de una Motocicleta*

Los principales factores dinámicos que afectan al sistema que va a ser desarrollado son la carga en los ejes, la inclinación de la motocicleta y su velocidad.

- *Carga en los Ejes*

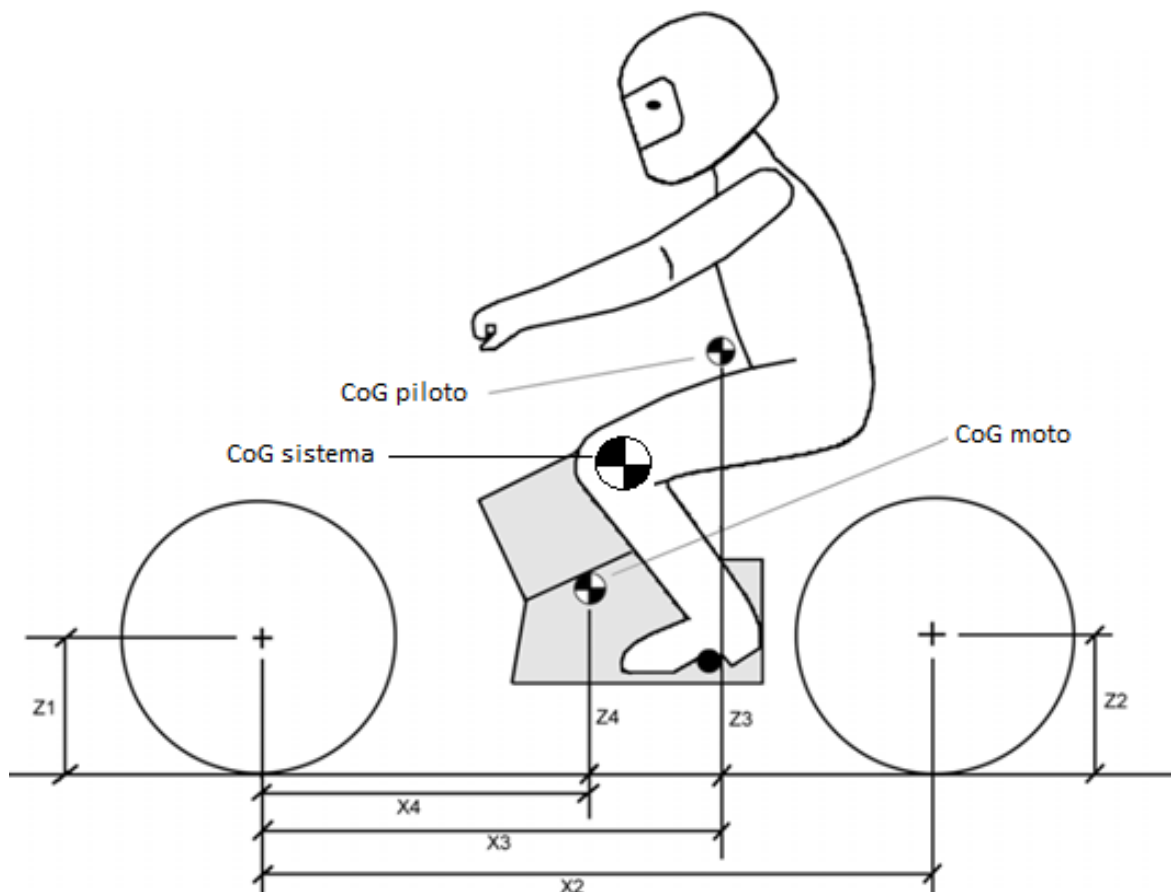


Figura 1. Diagrama de distribución de masas de una motocicleta [1]

Permite saber en todo momento la distribución de peso que tiene la motocicleta. Al tener tan solo dos contactos con el asfalto, esto cobra vital importancia si se va a modificar la reacción de uno de ellos, en este caso la de la rueda trasera, que constituye además el contacto más relevante al ser la que traslada la potencia del motor al suelo. Mediante las medidas de carga en los ejes se va a obtener la proporción de la fuerza total que está ejerciendo la rueda trasera sobre el suelo y, por tanto, de la proporción de agarre total que ofrece al vehículo.

La figura 1 muestra un diagrama simplificado de los centros de masas del sistema, así como las distancias entre ejes y entre estos. Posteriormente se va a demostrar las diferencias en la distribución de pesos y las distancias al suelo según la interacción del piloto con los frenos.

Dinámicamente la distribución de carga en los ejes de la motocicleta hace cambiar de forma considerable el comportamiento de esta. Para el proyecto solo se va a tener en cuenta el comportamiento que tiene durante la reducción de velocidad, ya que el sistema solo afecta a la transmisión de manera considerable durante reducción de marcha. Las reacciones importantes son:

- **Frenada:** mientras la moto está frenando la carga se reparte de forma distinta dependiendo de la forma en la que se realice la deceleración. A diferencia de los coches las motocicletas tienen dos frenos independientes que son accionados libremente por el piloto. La eficacia de la frenada y sus consecuencias vienen determinadas por la habilidad del usuario para entender la reacción del vehículo.
 - Freno delantero: Si la frenada se realiza tan solo con el freno delantero, la distribución de la carga se moverá hacia la parte posterior

del vehículo, aumentando la carga en este eje reduciendo la distancia Z_{del} y por consiguiente aumentando Z_{tras} , lo que supone una reducción de la carga en este eje. Esto permite una desaceleración considerablemente alta debido a que el momento aplicado sobre la rueda delantera se contrarresta con el del centro de masas aumentando la reacción con el asfalto y por tanto la fricción máxima obtenible. Por otro lado este efecto es el contrario en la rueda trasera, por lo que la probabilidad de bloqueo o deslizamiento de esta es mayor en ese momento.

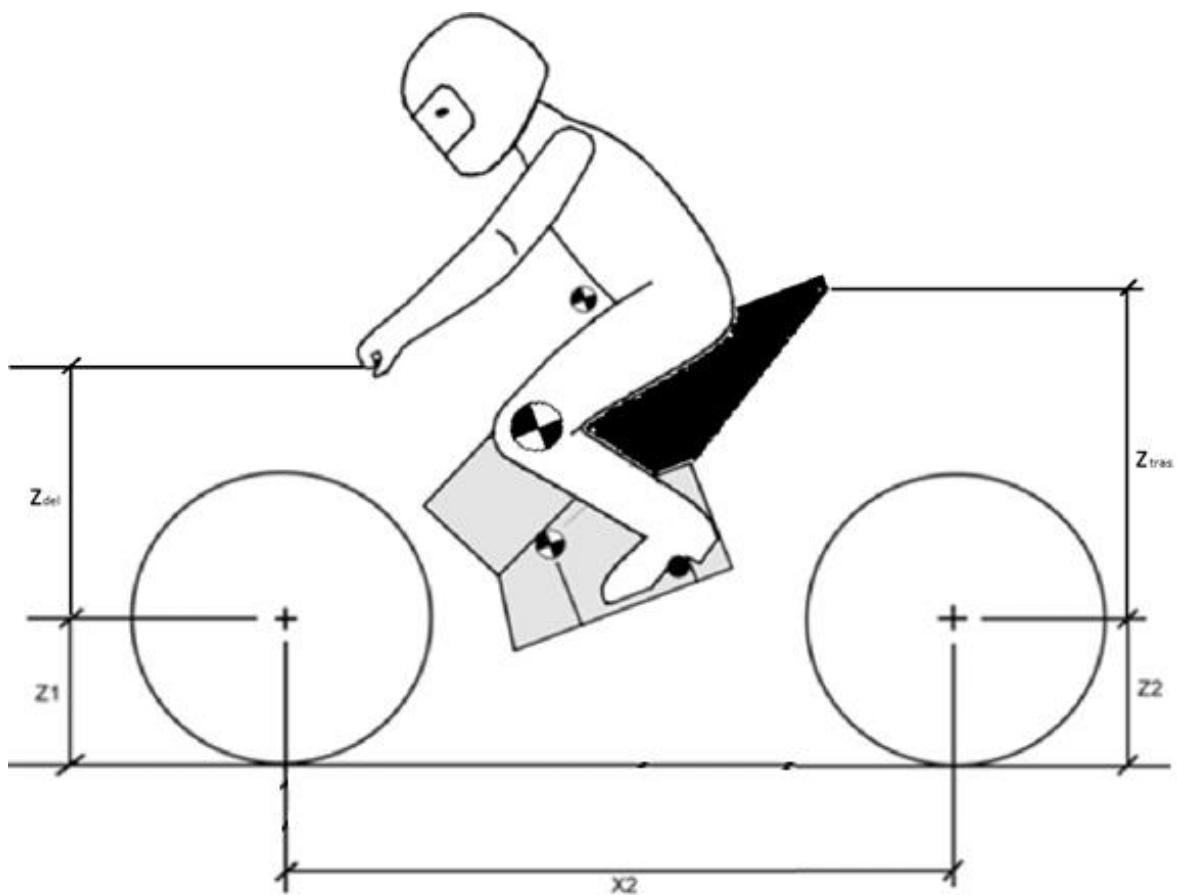


Figura 2. Diagrama de distribución de masas al accionar el freno delantero[1]

- Freno Trasero: Al ser accionado en solitario la conservación de momentos hace que el balance de la carga del sistema se desplace a la parte anterior de la motocicleta, comprimiendo el eje trasero de esta, lo que supone un Z_{tras} total menor y un aumento de Z_{del} . De esta forma y al igual que ocurría con el freno delantero, la reacción con el asfalto aumenta, sin embargo, en este caso el momento del centro de masas de la motocicleta no favorece a esta reacción por lo que la frenada es considerablemente menos efectiva. Esta es la razón principal por lo que todas las motocicletas tienen un freno de dimensión mucho menor en la rueda trasera, ya que el límite de frenada es también muy inferior.

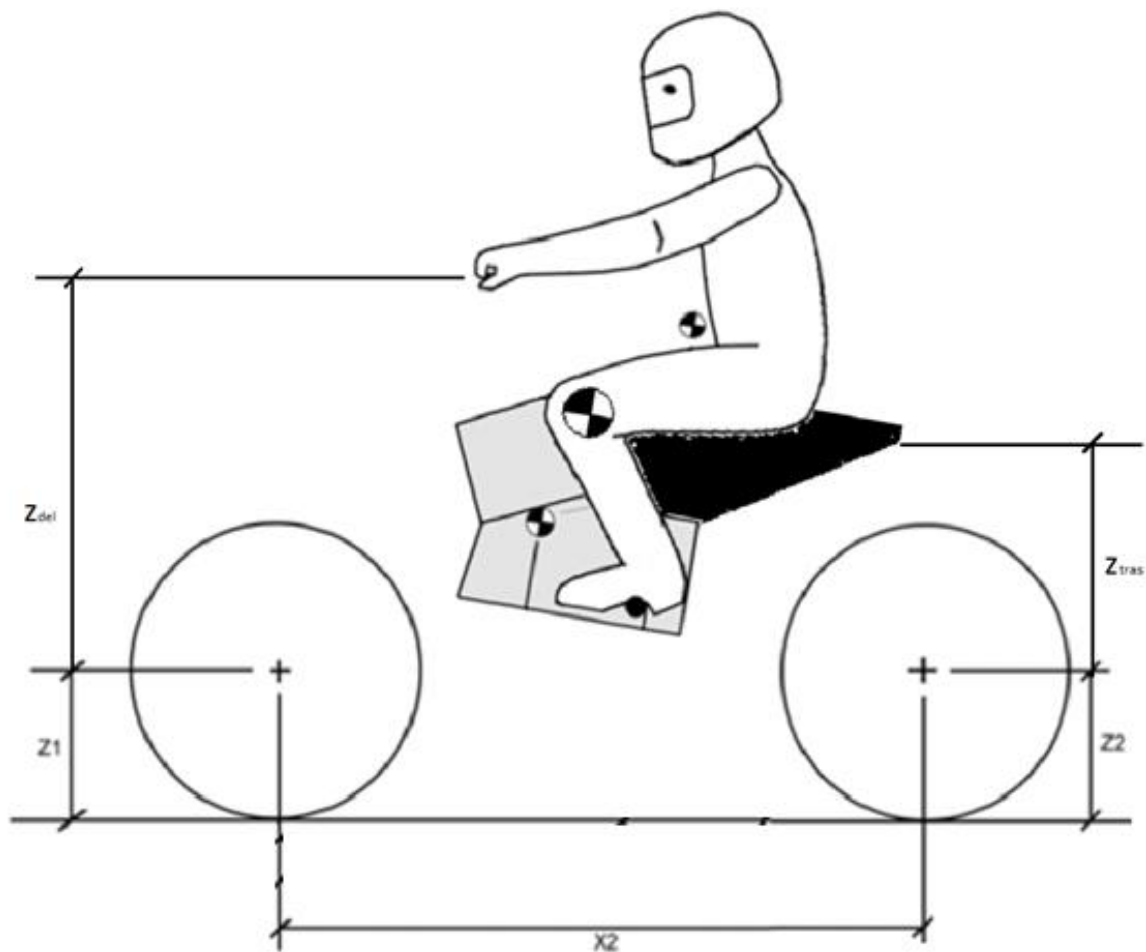


Figura 3. Diagrama de distribución de masas al accionar el freno trasero[1]

- Frenada combinada: Es lógico pensar que si el uso de los frenos afecta de manera tan directa a la distribución de peso de la motocicleta debe haber una forma óptima de combinarlos de modo que se pueda aprovechar al máximo. Se encuentra, que esta forma óptima de realizar una frenada resulta al frenar inicialmente con el freno trasero reduciendo Z_{tras} de modo que la carga se distribuye hacia la rueda trasera y poco después se debe accionar el freno delantero gradualmente con mayor fuerza lo que reduce Z_{del} . Así se consigue balancear el centro de masas del vehículo de forma que la reacción con el suelo de ambas ruedas es la mayor posible.

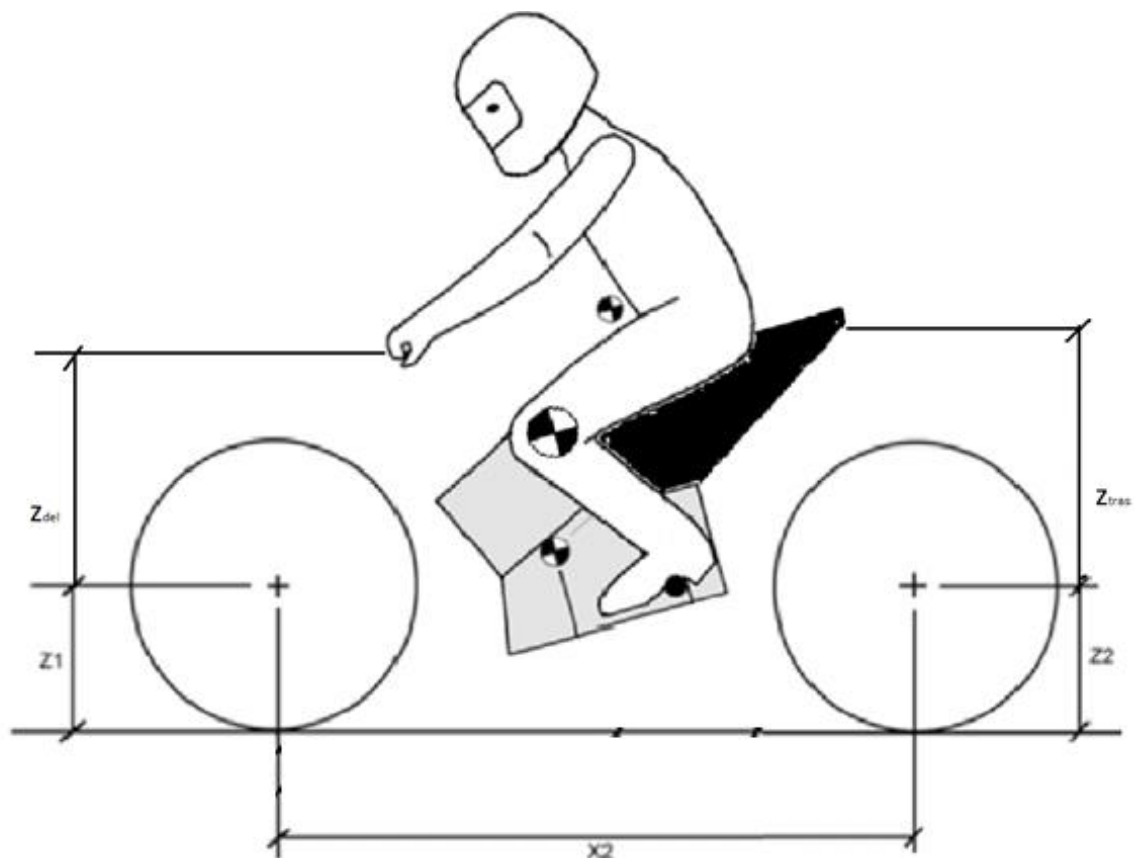


Figura 4. Diagrama de distribución de masas al realizar una frenada combinada[1]

- **Aceleración:** durante la aceleración la transmisión aplica una fuerza sobre el suelo aplicada a través de la rueda trasera. Esto resulta en una distribución de la carga sobre el punto de apoyo trasero, aumentando la fuerza aplicada en ese punto y por tanto la fricción. No es necesario entrar en profundidad en este punto ya que el sistema no lo requiere.
- **Deceleración:** siempre y cuando no se accionen los frenos se produce el efecto contrario a la aceleración, en este caso la distribución de las fuerzas se reparte aumentando la reacción en la rueda delantera y reduciendo la de la trasera y por tanto aumentando la probabilidad de pérdida de agarre y bloqueo de esta. Aun así esta diferencia de carga no es tan acusada como en la aceleración ya que la retención del motor se transmite a la motocicleta a través de la rueda trasera, produciendo el mismo efecto que con la frenada.
- **Pendiente:** intuitivamente se puede razonar con acierto el efecto del cambio pendiente sobre los ejes del vehículo, al aumentar la pendiente la carga será mayor en el eje delantero y al disminuir se producirá el mismo efecto en el eje trasero.

- **Inclinación y velocidad**

Debido a la propia construcción de las motocicletas, la inclinación es un factor fundamental en su conducción. A diferencia de los turismos convencionales las motocicletas cuentan solamente con 2 ruedas en lugar de 4, por lo que para girar a partir de velocidades medias será necesario aprovechar el llamado efecto cono^[1]. Como se puede apreciar en la figura 5 este se produce por el ángulo entre el eje de giro de la rueda y el pavimento, de la misma forma que un cono gira sobre su punta al rodar sobre el suelo.

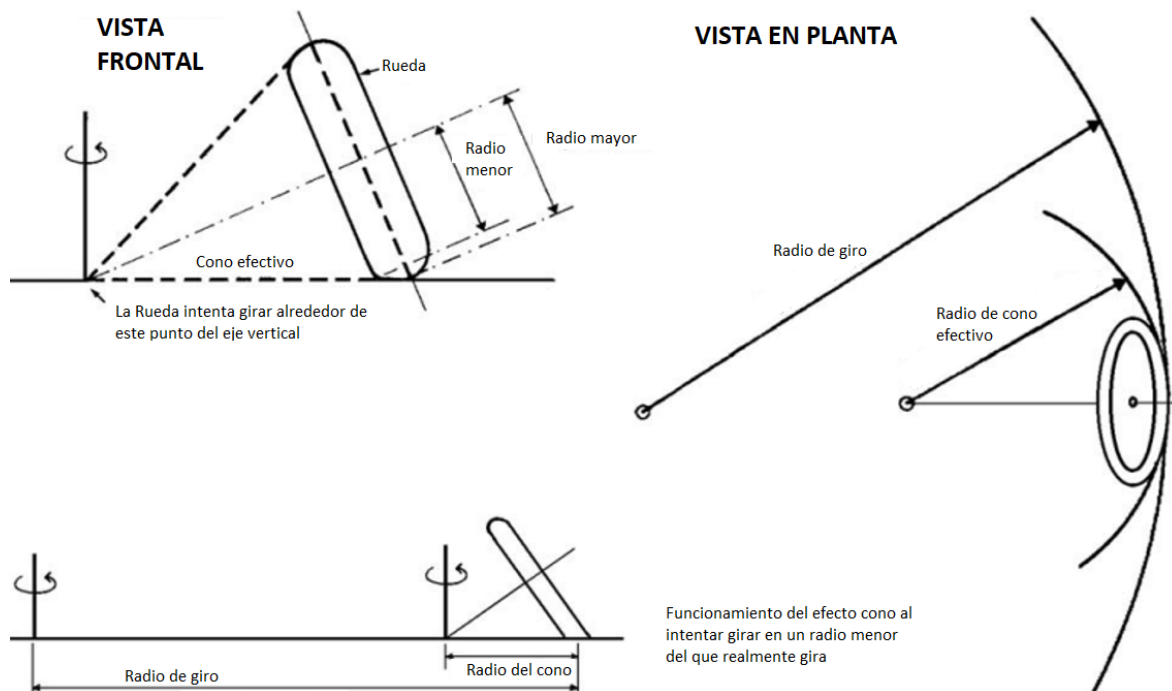


Figura 5. Diagrama de representación del efecto cono durante la curva^[1]

Unido a esto, se produce también un efecto de deslizamiento, debido a la propia inercia del vehículo, lo que supone en considerable aumento en el radio de giro que aumenta de manera creciente con la velocidad a la que se está pilotando. Este efecto es además de vital importancia para el manejo de las motocicletas ya que si no existiera, los giros a

velocidades relativamente altas serían demasiado cerrados para poder soportar las fuerzas de inercias resultantes.

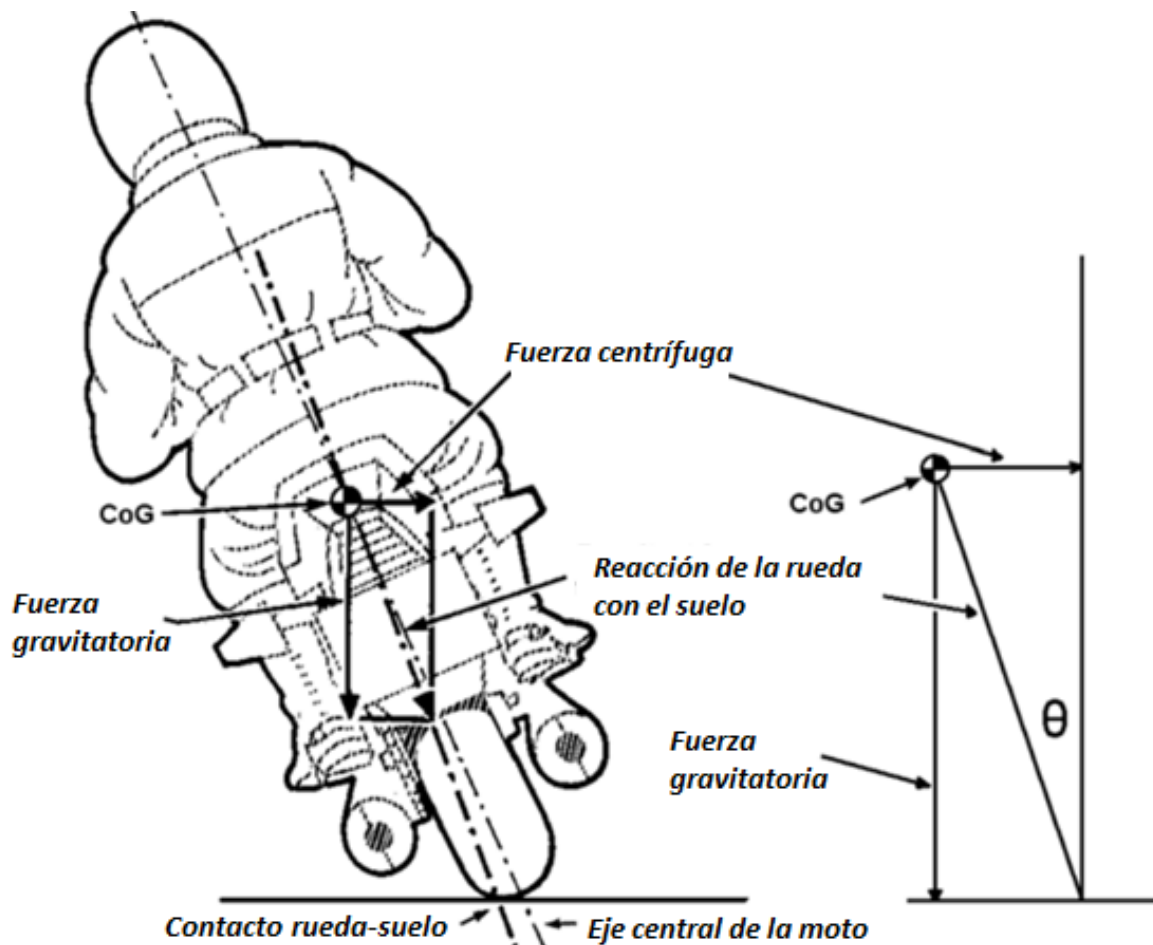


Figura 6. Reparto de fuerzas transversales durante el paso por curva de la motocicleta ^[1]

Como se ha visto hasta ahora la inclinación y la velocidad mantienen una estrecha relación de causa y efecto. La velocidad determina la inclinación máxima a la que se puede llegar en un giro y a su vez la mínima necesaria para poder realizar ese mismo recorrido. En la figura 6 se puede apreciar el efecto de la velocidad en la fuerza de fricción resultante,

mientras que en la figura 7 se puede ver la diferencia de esta fuerza si se aumenta el ángulo de inclinación. Para mantener el equilibrio es vital aumentar la fuerza centrífuga.

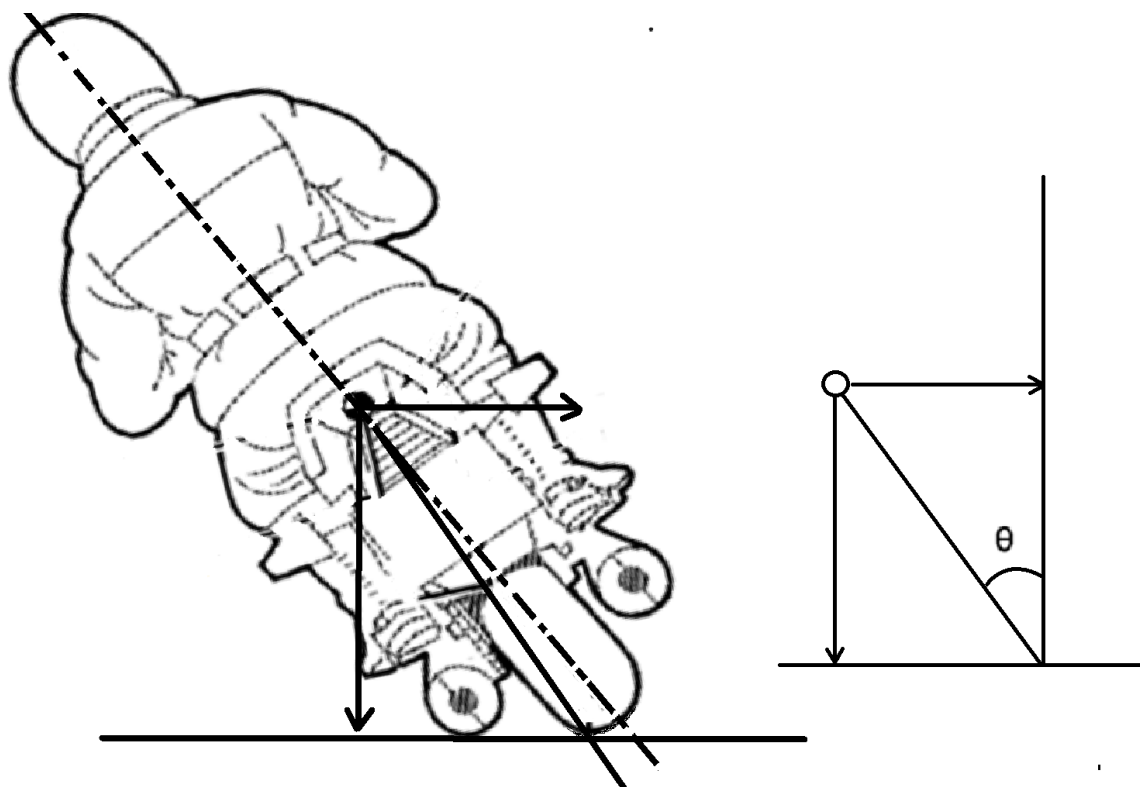


Figura 7. Inclinación necesaria según velocidad y radio de giro de la motocicleta^[1]

La principal diferencia entre ambos casos se limita al reparto de masas del sistema Moto-piloto, esta es la razón principal por la que los pilotos se descuelgan de la motocicleta por la parte interior de la curva al tomarla, de este modo el reparto de masas se mantiene más cercano al suelo y, por tanto, se podrá realizar la misma curva con una inclinación menor, alejándose del límite mencionado anteriormente. Esto permite también aumentar la velocidad de paso por curva sin aumentar la inclinación, aunque esto resulte interesante principalmente para corredores de circuito.

En la figura 8 se ha representado el ángulo de inclinación necesario para tomar una curva con un radio determinado y a una velocidad determinada.

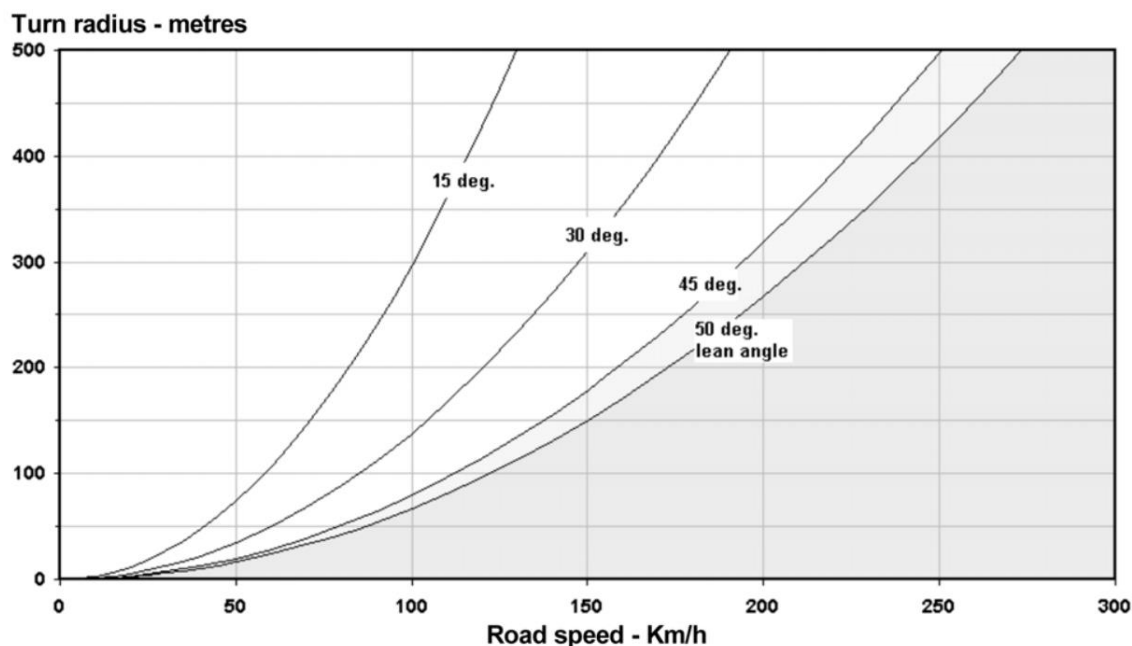


Figura 8. Gráfica de inclinación necesaria según velocidad y radio de giro de la motocicleta^[1]

Durante los momentos en los que el vehículo está inclinado, los efectos de la aceleración, la frenada y el manejo del gas son diferentes en cierta medida a lo que se ha visto hasta ahora. A continuación, se va a explicar los efectos sufridos por el vehículo en cuanto al agarre disponible, capacidad de reacción y la propia reacción dinámica producida por las distintas acciones mencionadas anteriormente:

- **Aceleración y Deceleración**

Mientras la moto esté inclinada, la aceleración y la deceleración no tienen reacciones contrarias como tal, sino que debido al efecto dinámico en la distribución de masas del

sistema. Por un lado al acelerar la motocicleta concentra la carga en el eje trasero, que es a su vez el punto que más agarre aporta durante el giro, la reacción final es más compleja pero no es relevante para el proyecto. Por otro lado, la desaceleración, sin usar los frenos, supone una pérdida de velocidad y, por tanto, la curva pasa a requerir un menor grado de inclinación o un radio de giro inferior para poder trazar la curva. La desaceleración supone también una pérdida de agarre en el eje de la transmisión.

- **Frenadas:** debido al efecto giroscópico, las reacciones esperadas durante la frenada mientras la motocicleta está inclinada no son del todo intuitivas^[6].
 - Freno Delantero: al accionar el freno delantero durante la curva se podría pensar, intuitivamente que, como se produce una reducción de la velocidad, la moto debiera tender a caer ya que el ángulo de inclinación es demasiado alto para la nueva velocidad obtenida. Sin embargo, durante esta acción entra en escena el llamado efecto giroscópico, por el cual al recibir la masa en rotación un par de frenada, la tendencia a conservar el momento de inercia produce un par de reacción en el eje trasversal que corresponde a la dirección. Esto se traduce en giro de la propia dirección hacia el interior de la curva, que provoca un levantamiento de la moto y una trayectoria final más amplia^[6].
 - Freno Trasero: debido al reparto de masas del sistema y a que la rueda trasera está fija el efecto giroscópico apenas es palpable cuando se acciona en la situación descrita. El efecto final es similar al de la desaceleración aunque se corre el riesgo de bloquear la rueda, este bloqueo es fácilmente controlable, incluso se puede utilizar hasta cierto punto en favor de la conducción^[6].

En pos de la seguridad, la frenada durante las curvas se debe hacer siempre con el freno trasero en la mayor medida de lo posible. De esta forma se obtendrán los mejores resultados en caso de frenada de emergencia.

6.2 Funcionamiento de la Caja de Cambios

Una caja de cambios funciona como conexión entre el eje del motor y el eje de la transmisión del vehículo. Permite modificar la relación de par y velocidad que recibe la rueda, de tal manera que se pueda elegir la eficiencia del motor en su uso, maximizar aceleración, gasto de gasolina o confort, dentro de los límites mínimos requeridos por las circunstancias.

La caja de cambios consiste en un sistema de engranajes, más o menos complejo dependiendo del vehículo que, mediante el accionamiento de una palanca cambia a estos de posición de forma que el engranaje principal se acopla a otro de mayor o menor diámetro y dientes modificando así la relación de transmisión entre ambos.

Para realizar el cambio de marcha manual, es necesario reducir completamente la carga del motor sobre el eje. Tradicionalmente, esto se ha conseguido mediante el accionamiento del embrague, que permite desacoplar el eje del motor con el eje de la transmisión del vehículo. Además el embrague permite realizar este acoplamiento gradualmente, de forma que se puede transmitir solamente un porcentaje de la fuerza del motor para acelerar inicialmente.

Aun así, esta no es la única forma de reducir la carga en el eje. Cuando el motor tiene mucha carga, si esta se reduce drásticamente en un periodo corto de tiempo aparece una ventana en la cual el motor está completamente descargado y se puede realizar este cambio.

Si la marcha se aumenta, no hay mayor preocupación que la de reducir el gas. Sin embargo, si se va a reducir la marcha, es necesario sincronizar las revoluciones del motor con las del eje de la transmisión para evitar el bloqueo de la rueda y un desgaste del sistema de engranajes al recibir una fuerza producida por esta diferencia de velocidades.

6.3 Velocidades de la Caja de Cambios

La caja de cambios de la motocicleta tiene como finalidad cambiar la relación de la transmisión de potencia del eje del motor al de la rueda. Su funcionamiento, como ya se ha mencionado, se basa en variar los engranajes de diferentes radios y número de diente, por lo que se podrá escoger si se quiere transmitir mayor par o mayor velocidad a partir de la potencia generada por el motor de combustión.

Durante este proceso, al producirse el cambio de marcha, el motor sufre variaciones destinadas a adaptarse a esas nuevas circunstancias. De forma que, como se puede apreciar en la figura 9 al aumentar una marcha, la velocidad de la rueda será la misma antes y después del cambio, sin embargo la relación será menor por lo que el eje del motor tendría que girar a un menor número de RPM, para estar sincronizado con la rueda. Esto es exactamente igual al reducir de marcha, solo que al aumentar esa relación de transmisión las RPM serán, en este caso, mayores.

La diferencia de par va a depender directamente de la diferencia de RPM que haya en el cambio de marcha. A medida que la marcha disminuye esta diferencia es más acusada, y por tanto mayor será el par que debe ser compensado.

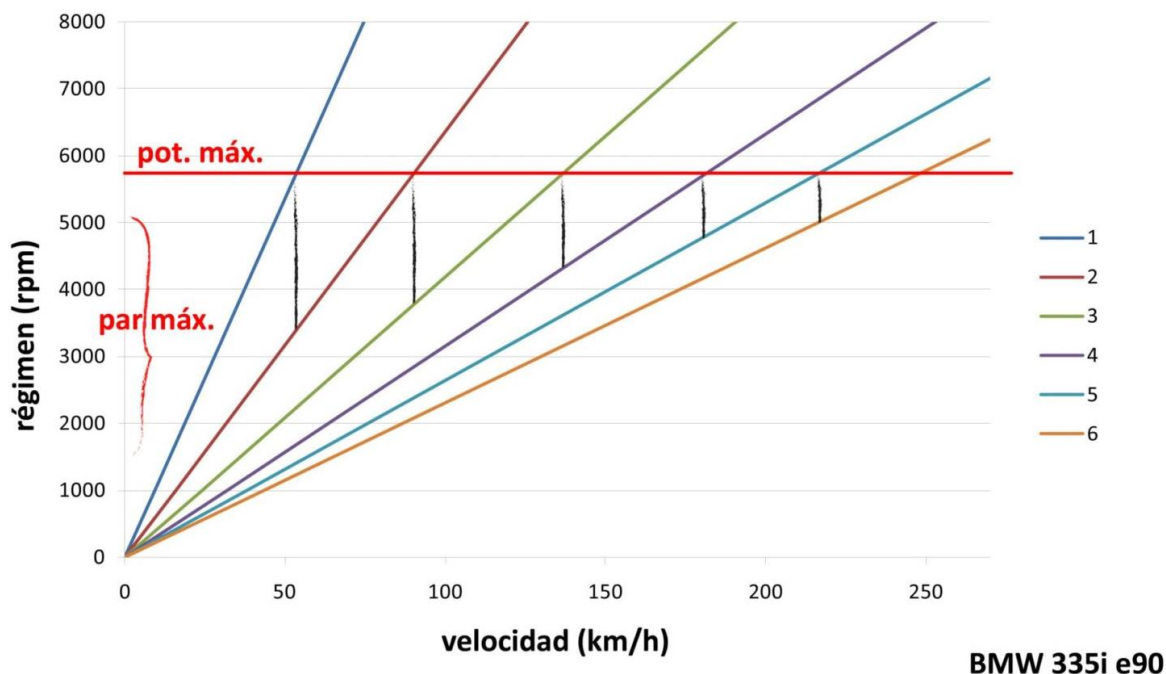


Figura 9. Valores de RPM según la velocidad para distintas marchas en un motor de 4 tiempos ^[4]

En un motor de 2 tiempos esto no supone ningún problema, debido a que su fuerza de retención apenas es apreciable. Sin embargo, los motores de 4 tiempos no se comportan de la misma manera, siendo el llamado freno de motor un elemento considerablemente intrusivo en la conducción.

Durante el proceso de reducción de marcha en un motor de 4 tiempos, y especialmente a medida que la diferencia de las relaciones es mayor, se produce un proceso llamado rebote de la rueda trasera. Este aparece porque el agarre de la rueda con el suelo no es suficiente para aumentar la velocidad del motor al rango de RPM necesario para esa nueva relación de transmisión. Al no haber suficiente fuerza de fricción el motor frena la rueda trasera haciendo que esta se bloquee y se pierda el control sobre la motocicleta.

Para compensar esta diferencia de par, es necesario que la velocidad del motor aumente a un rango en el cual la diferencia de par no suponga un riesgo. Para ello se debe

mandar una señal al acelerador que aumente las revoluciones en el instante anterior al acople del engranaje de menor relación. De este modo el eje de la rueda se encuentra con una diferencia de par prácticamente nula y se anula por completo el riesgo de bloqueo de la rueda.

6.4 *Funcionamiento de un Acelerador Electrónico*

El acelerador electrónico, viene a sustituir al clásico acelerador directo que funciona mediante un cable que conecta la apertura de las válvulas de inyección con el movimiento del puño de acelerador.

Estos nuevos sistemas denominados “ride by wire”^[5] utilizan un sensor que detecta la posición del acelerador constantemente y la manda a la centralita de la moto. Esta señal es interpretada por el ordenador del vehículo que acciona a su vez, de la forma óptima, las válvulas de admisión de carburante y aire, aumentando de forma considerable la eficiencia del motor. Estos sistemas son mucho más complejos de lo que parecen a primera vista. Entre otras cosas, los grados de seguridad y redundancia que deben tener son muy altos, debido a la importancia que supone en la propia seguridad del piloto. Es muy importante monitorear constantemente el correcto funcionamiento del dispositivo para evitar fallas en el sistema de aceleración que terminen con una situación de descontrol, que puede tener consecuencias fatales en una gran parte de las circunstancias.

6.5 Funcionamiento de un Sistema de Quickshifting y Autoblipper

Los sistemas de Quickshifting^[5] funcionan interfiriendo en el suministro de corriente que recibe el motor, de modo que, cuando el sensor de la palanca de cambios detecta el accionamiento, corta la corriente durante un breve instante de tiempo, reduciendo la carga del motor sobre el eje de transmisión y permitiendo el engrane de la nueva marcha.

Típicamente los sistemas más simples funcionan tan solo en los aumentos de marcha, ya que no requieren ninguna acción extra y se pueden instalar en cualquier tipo de motocicleta sin problema. Sin embargo, Cuando se habla de un dispositivo con capacidad bidireccional, es necesario que incluya un sistema de autoblipping^[7], gracias al cual, al reducir la marcha el sistema se encarga de aumentar las revoluciones del motor para sincronizarlo con la velocidad de la rueda trasera. Este sistema es fundamental para evitar circunstancias peligrosas como el bloqueo de la rueda trasera por esta diferencia de carga o el desgaste prematuro de los mecanismos de la transmisión.

Para poder instalar un sistema de estas características, es necesario contar con la tecnología llamada ride-by-wire^[5], o acelerador electrónico, gracias a la que el sistema de inyección del motor está controlado electrónicamente y no mecánicamente, por lo que se puede modificar la señal y aumentar las revoluciones del motor inmediatamente. Con los sistemas de aceleradores mecánicos tradicionales, no es posible llevar a cabo esta acción por lo que el dispositivo solo podría funcionar aumentando la marcha.

Estos sistemas están formados por un microcontrolador programado para realizar estas acciones, monitorizando distintos parámetros como la carga del motor, la velocidad o las revoluciones por minuto y obteniendo el tiempo que debe cortar la inyección según la situación en la que se encuentre para optimizar el cambio al máximo. Además es importante

contar con sensores adecuados y correctamente dimensionados para el correcto funcionamiento del sistema.

6.6 Mejora en la Agudeza visual y la Coordinación

Una de las principales razones de causa de accidentes en la actualidad es la de falta de atención o capacidad de reacción debido a la fatiga acumulada. Durante años se han ido introduciendo elementos de seguridad activa en los vehículos destinados a reducir los riesgos de accidentes ocurridos. Sin embargo, durante las últimas décadas, se ha hecho un gran hincapié en elementos de seguridad pasivos, que tratan de evitar los accidentes desde la causa de modo que, al no ocurrir, no suponen un riesgo. Elementos como el ABS, los sensores de proximidad o los avisos de cansancio son ejemplos claros introducidos en muchos coches hoy en día.

Sin embargo, las motocicletas en su mayoría tan solo gozan de sistemas de ABS incluidos como métodos de seguridad pasivos. Es por ello por lo que la reducción del cansancio y las distracciones son elementos de seguridad importantes en su conducción, más aún si se tiene en cuenta que la fatalidad de los accidentes es mucho mayor por la naturaleza propia del vehículo.

Una de las acciones que más repite un piloto es la de sincronizar el uso del embrague, de la palanca de cambios y del puño del gas, este último en la reducción, para poder cambiar de marcha según el momento. Y, aunque se puede llegar a mecanizar hasta cierto grado, siempre ocupa parte de la actividad cerebral hacerlo adecuadamente^[2], algo que se ve mucho más acentuado en los conductores novatos.

Es por ello por lo que la liberación del uso de la maneta de embrague y el puño del gas permite una reducción parcial de la fatiga acumulada. A esto se le suma el aumento en

la capacidad de respuesta ante reducciones bruscas de velocidad durante frenadas de emergencia y el menor del riesgo de error en el proceso de bajada de marchas.

Por último, la implementación de un sistema de estas características aumenta la adaptabilidad de nuevos conductores al vehículo, haciendo la curva de aprendizaje más pronunciada y, por tanto reduciendo el riesgo de accidentes de estos.

6.7 Riesgos Posibles del Dispositivo en el Diseño

La implementación de sistemas de este tipo supone un riesgo añadido que se debe evitar durante el diseño de este. Debido a la naturaleza de las señales que se deben alterar el sistema debe incluir las siguientes medidas:

- En primer lugar se debe instalar un microcontrolador que funcione en paralelo, asegurándose de que todas las señales necesarias se reciben correctamente. Siempre y cuando esto ocurra, el sistema recibe una señal a través de uno de sus pines sin la que no puede funcionar.
- En segundo lugar es necesario incluir un sensor para el embrague, de modo que el sistema solo se pueda utilizar mientras no se esté accionando. Sin este sistema la moto dejaría de ser funcional al completo ya que se producirían cortes de corriente durante momentos en los que no es necesario.
- Por último y debido al uso de señales que alteran el estado del acelerador electrónico, la instalación de un interruptor que permita la entrada de la señal de aceleración desde el microcontrolador solo cuando sea estrictamente necesario es vital.

Con estos tres elementos de seguridad, se garantiza el correcto funcionamiento de la moto, incluso si el sistema fallase, permitiendo que sea utilizada como antes de la instalación.

6.8 *Análisis del Mercado*

Las tecnologías de cambio de marchas están muy desarrolladas en este punto. Todas las marcas que desarrollan motocicletas de gran cilindrada y potencia tienen dispositivos de cambio secuencial listos para instalar en sus vehículos de mayor categoría. Estos están completamente adaptados a la moto y funcionan en perfecta sintonía con los parámetros únicos de esta. Sin embargo, son opciones caras y limitadas a unas pocas motos elegidas por las marcas.

Como opción universal, la mayoría de los dispositivos disponibles en el mercado son unidireccionales, y muchos no están homologados para ser utilizados en carretera. Hoy en día, un dispositivo de estas características no está realmente disponible de manera fácilmente accesible para ser utilizado universalmente.

Este dispositivo podrá ser utilizado por un mercado inmensamente amplio por sus características y la competencia en muchos casos se limita exclusivamente a las propias marcas de motociclismo. Esto se puede tornar en favor del dispositivo actual si se consigue que funcione correctamente y que se expanda su uso entre la comunidad de pilotos como una compra fiable.

6.9 Comparación Cambio Automático

En los últimos tiempos la tecnología de cambio de marchas automático en las motocicletas está en auge, liderada por la tecnología desarrollada por la marca nipona Honda. Este sistema evita por completo la acción humana en la selección de marchas durante la conducción, lo que supone una mejora considerable en la eficiencia del su uso y una reducción aún mayor en la fatiga acumulada, liberando la mente por completo de esta variable. ^[2]

Sin embargo, estos sistemas tienen algunas desventajas claras:

- A diferencia de un cambio secuencial, su uso limita completamente la elección humana de la relación deseada, por lo que en determinadas circunstancias, esta puede traducirse en una falta de potencia al acelerar o una falta de freno motor.
- En parte esa limitación de elección también empeora la experiencia de conducción para una gran cantidad de usuarios. Las motocicletas se utilizan en muchos casos como vehículos de ocio, y al implementar estos sistemas se está reduciendo la versatilidad de su uso.
- Estos sistemas tienen mayor manutenzione debido a su naturaleza.
- Por último, su precio es elevado en comparación a los sistemas de cambio tradicionales y los sistemas de cambio secuencial como el diseñado.

7. DESARROLLO DEL HARDWARE

7.1 *Diseño 3D del Sensor de Cambio de Marcha Universal*

El diseño del sensor de cambio de marcha se ha realizado con la limitación de intentar hacer un sensor de entrada completamente digital y a la vez funcional y resistente a vibraciones. El prototipo diseñado es el siguiente:

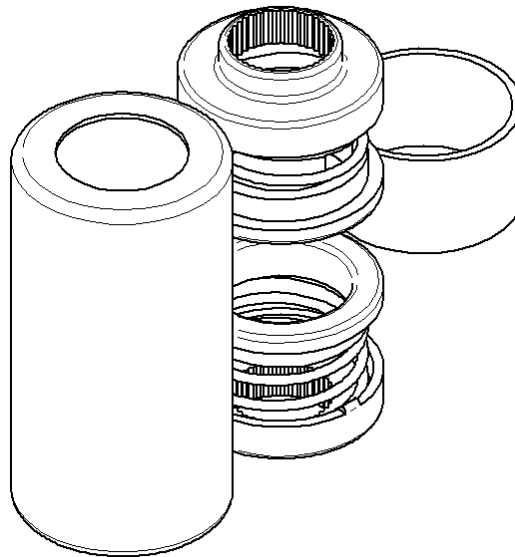


Figura 10. Representación 3D del sensor bidireccional de cambio de marcha

El sensor aparece representado en la figura 10 en 3D dividido en sus tres bloques diferenciales. El de mayor tamaño es la carcasa exterior del sensor donde irán alojados los otros dos bloques. El localizado entre los otros dos, consiste en dos sensores de contacto completamente simétricos dispuestos en direcciones contrarias. Por último el bloque de menor tamaño es el accionador al que van unidas las varillas transmisión de la palanca del cambio.

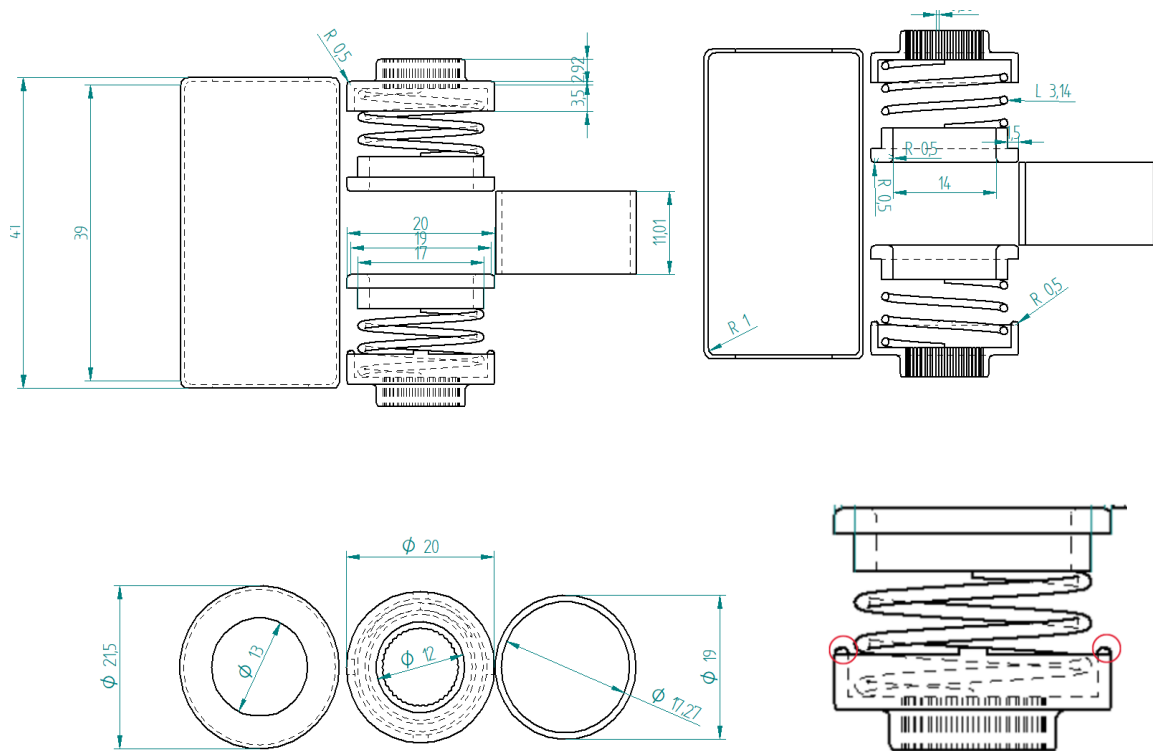


Figura 11. Representación en 2D del sensor bidireccional de cambio de marcha y sus dimensiones

La figura 11 representa a la izquierda la planta y el alzado del sensor por piezas y a la derecha la planta del sensor partida a la mitad y uno de los accionadores aislados.

Con este diseño se pretende conseguir el funcionamiento bidireccional, sin tener la preocupación de rectificar las señales analógicas de los sensores convencionales. Ambos contactos están separados por los muelles que están precargados para evitar las vibraciones mientras que se pueden accionar ejerciendo presión sobre unos de sus extremos. La pieza central, se desplazará hacia abajo o arriba cuando se desee cambiar de marcha comprimiendo el muelle y cerrando el contacto marcado en rojo en la figura.

Ambas entradas y salidas de las varillas del cambio deben incluir juntas que permitan el deslizamiento y eviten la entrada de agentes externos.

A continuación se muestra en la figura 13 el esquema de conexiones escogido para el desarrollo del sistema.

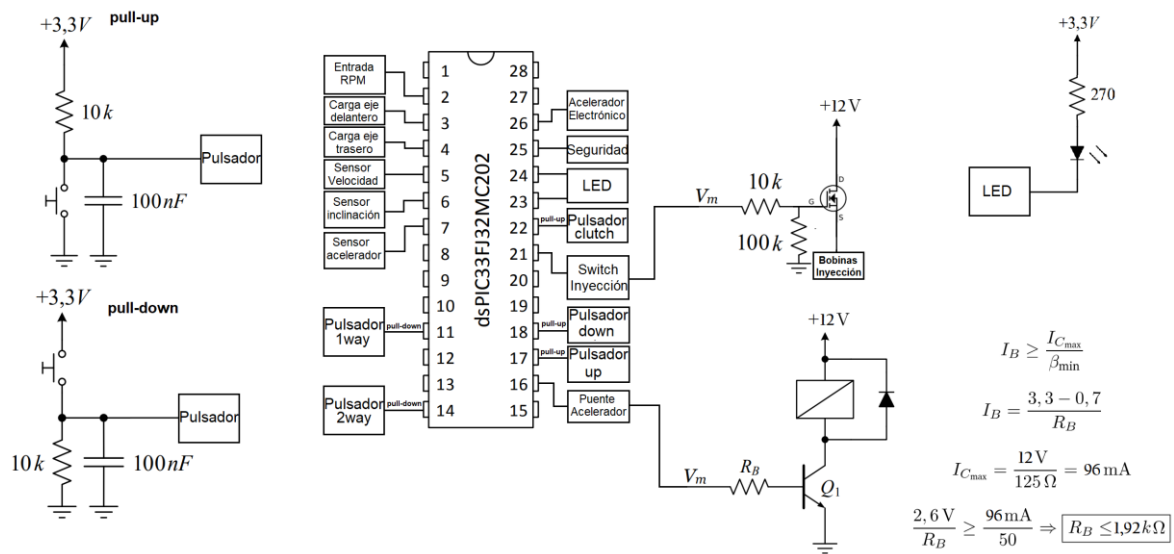


Figura 13. Esquema de montaje y acondicionamiento de entradas y salidas del microcontrolador

- Se han dimensionado tanto los pulsadores en pull-up y pull-down como los LED a 3,3V ya que se han conectado directamente al microcontrolador.
- El relé se ha dimensionado para ser conectado a un polo positivo de 12V al igual que el mosfet de la inyección.
- Los sensores se han dimensionado mediante el uso de divisores y amplificadores de tensión para que las entradas estén a 3,3V también. Al depender de la instalación particular de la motocicleta, Para cada caso serán diferentes.

- Por último la salida del acelerador electrónico también se debe dimensionar en función de la motocicleta en la que se instale.

7.3 Elección de Sensores de Medida de Telemetría Básica de la Motocicleta

Los sensores para utilizar son:

- **Carga en los ejes (potenciómetro lineal resistivo):** El producto final está pensado para utilizar estos potenciómetros instalados en la suspensión de tal forma que, mediante la lectura de la posición en la que se encuentren se puede obtener la carga a la que están sometidos. La entrada al microcontrolador varía de 0 a 3,3 V según la posición a la que se encuentre. Se ha elegido el potenciómetro WAYCON LZW-LRW que se puede ver en la figura 14 por sus principales ventajas:
 - Construcción robusta inmune a vibraciones.
 - Vida útil mayor a 100 millones de ciclos.
 - Rango de medición desde 50 mm hasta 900 mm.
 - Grado de protección hasta IP67.
 - Temperatura de trabajo hasta 100 °C.



Figura 14. Potenciómetro WAYCON LZW-LRW

- **Sensor Clutch (digital):** Este sensor es vital para poder utilizar la moto de forma normal, siempre que no se quiera usar el cambio secuencial. Para que el sistema esté en funcionamiento debe estar configurado en pull-up, siempre que se desactive el dispositivo dejará de funcionar. Esta configuración es necesaria para asegurar el correcto funcionamiento de la motocicleta en caso de fallo en el switch.
- **Inclinación de la moto (inclinómetro):** Este sensor se utiliza para conocer la inclinación de la motocicleta en todo momento, al igual que los sensores de carga en los ejes, la información del inclinómetro permite optimizar el autoblipper entendiendo cómo esto afecta al agarre de la rueda trasera. Se ha decidido utilizar un sensor DOG2 MEMS SERIES de dos ejes, para facilitar la instalación en cualquier

motocicleta, utilizando el eje que sea conveniente en cada caso. En la figura 15 se ve el aspecto del sensor.



Figura 15. Inclinómetro DOG2 MEMS SERIES

- Las principales ventajas de el Sensor son:
 - ❖ Filtra la señal, lo que es vital para una aplicación automovilística.
 - ❖ Compensación de temperatura.
 - ❖ Alta resolución
 - ❖ Tasa de refresco de 100Hz.
 - ❖ Rango de temperatura de -40°C a 85°C.
- **Gas (entrada directa):** Esta entrada es vital para el sistema de quickshifting, ya que es una de las variables principales que permiten el cálculo del tiempo de corte de la inyección para que el engrane de la marcha se haga de la mejor forma posible.

- **RPM (entrada directa):** Es la segunda entrada vital del sistema de Quickshifting, junto a la del gas. El valor de esta entrada depende del sensor que lleve la motocicleta, si el anillo del sensor tiene más dientes la frecuencia será mayor que si tiene menos. Se ha considerado un anillo de 20 dientes, pero se puede modificar según el modelo.
- **Sensor de Velocidad:** Se ha optado por un sensor activo de número de revoluciones, instalado en el disco del ABS que utiliza el mismo mecanismo. Si la motocicleta no dispone de ABS se incluye un anillo multipolar para ser usado como rueda motriz. El sensor incluye un sistema electrónico por el cual devuelve una señal cuadrada. Se ha considerado un anillo de 20 dientes y un radio de medición de 5 cm. Aunque la mayoría de las motocicletas que cuentan con acelerador electrónico ya cuentan con los sistemas ABS por normativas de seguridad. De este modo se podrá acoplar a cualquier vehículo sin importar la marca o lenguaje que use la ECU.

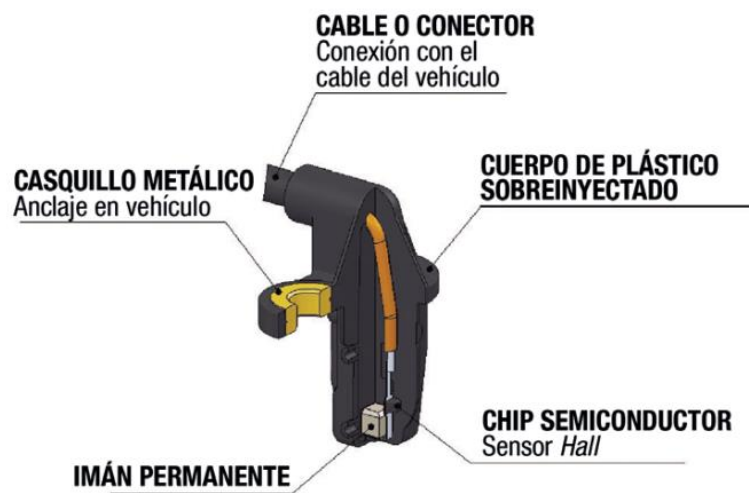


Figura 16. Sensor activo de revoluciones

7.4 Entradas al Sistema de la Motocicleta:

- **Switch a la inyección:** Este es el encargado de cortar la corriente de la inyección el tiempo necesario para que la marcha pueda ser engranada. Se puede utilizar tanto un interruptor que se accione electrónicamente desde el microcontrolador, como un roba corrientes, que al ser accionado detenga el paso de corriente por el cable. La opción más segura es la del interruptor, ya que en caso de falla de su accionamiento la motocicleta seguirá funcionando y no se corre el riesgo de derivaciones de corriente.
- **Señal del acelerador electrónico:** El acelerador electrónico funciona mandando una señal PWM^[7] a los servomotores que regulan la inyección. Puesto que el microcontrolador es capaz de generar la señal deseada, se va a utilizar un sistema que consista en una entrada secundaria al servomotor, que solo pueda entrar en acción puenteando el sistema original. Además, al tratarse de un sistema tan importante para el correcto funcionamiento de la motocicleta, su accionamiento y por consiguiente la reducción de marcha, solamente podrá interferir en el caso de que se cumplan todos los requisitos de funcionamiento necesarios para ello.

8. DESARROLLO DEL SOFTWARE

8.1 Diagrama de Estados:

El software debe ser desarrollado de tal forma que asegure el correcto funcionamiento de la motocicleta en todo momento. En caso de fallo es vital que el sistema no interfiera de ninguna forma en su uso. Esto se consigue mediante los chequeos constantes del funcionamiento del dispositivo (señal seg) y redundancia en las medidas de seguridad establecidas en el dispositivo.

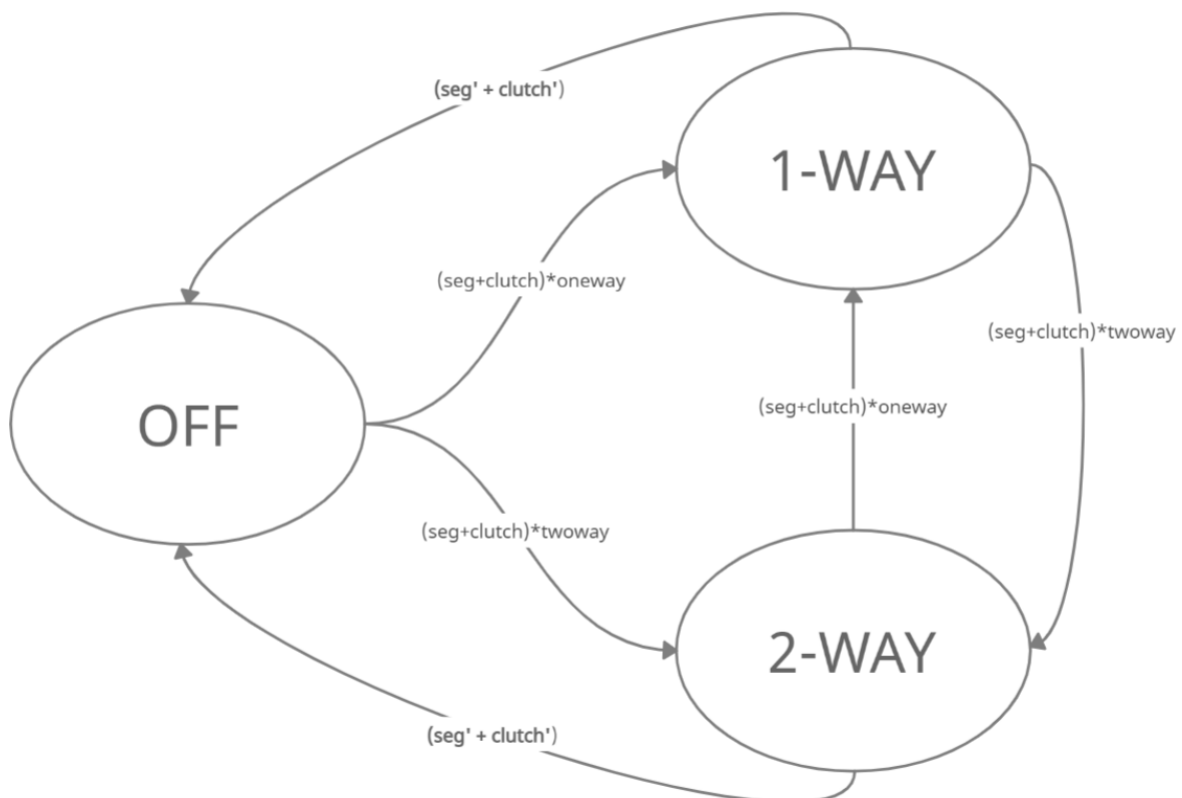


Figura 17. Diagrama de estados del programa

- ***Estados (OFF, 1-way, 2-way):***

Los dos estados de la figura 17 se utilizarán dependiendo de la moto en la que se instale.

- **OFF:** siempre que se use el embrague, o no se cumplan los requisitos de seguridad.
- **1-way:** Si la motocicleta no incluye un sistema de acelerador electrónico o solo se quiere usar de forma unidireccional funcionando solo en el aumento de marcha.
- **2-way:** Siempre que la motocicleta cuente con un sistema ride-by-wire se puede utilizar, de modo que la reducción de marcha no requiere del embrague

8.2 Sensores:

- ***Entradas Sensores Analógicos***

- Las entradas de los sensores analógicos son detectadas por el conversor A/D del microcontrolador, el sensor mide rangos de voltaje de 0V a 3,3V devolviendo un valor de 0 a 1023 que se procesa de forma diferente según se desee. Hay 5 entradas diferentes que y por tanto se utilizarán todas las entradas de las que se dispone.
 - **Carga en los ejes:** la entrada va conectada a un divisor de tensiones que varía la tensión entre 0V y 3,3V dependiendo de la posición del sensor resistivo lineal. Posteriormente el programa compara las dos señales entre sí para obtener el dato de diferencia de carga en los ejes a partir del cual se obtiene una de las restricciones de la señal de golpe de gas.
 - **Inclinómetro y velocímetro:** las dos señales se interpretan conjuntamente. Su funcionamiento es similar, ambas se convierten en un porcentaje sobre un valor, el cual es mayor cuanto mayor es la medida obtenida.

- **Inclinación:** la salida del sensor será entre 0,5 y 4,5V para valores de entre -90° y 90° . Por lo que se ha dimensionado la entrada para que el rango sea de 0V a -90° a 3,3V a 90° . A 0° se recibe una señal de 1,65V. Se alimenta a 12V

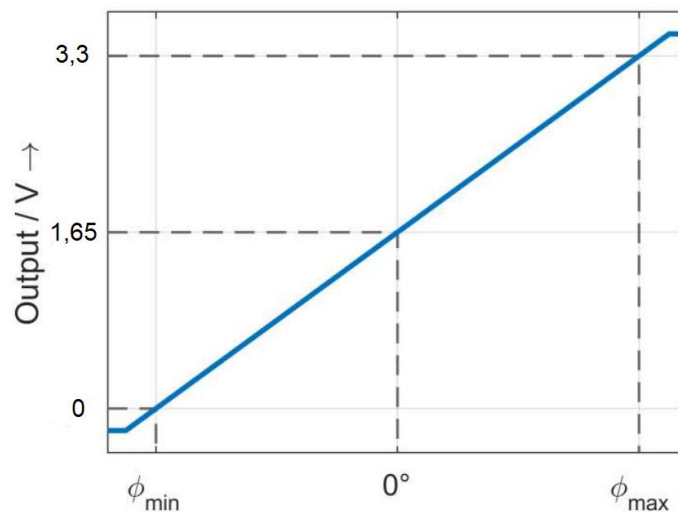


Figura 18. Gráfica de tensión - ángulo de inclinación.

- **Velocidad:** La señal obtenida se encuentra entre 1,5V y 0,7 V. Se ha programado un detector de flanco para obtener la velocidad del vehículo en todo momento. Se ha utilizado el timer3 del microcontrolador para diferenciar la medida del sensor de RPM ya que este requiere una sensibilidad diferente. El número de dientes establecido es de 20, pero se puede modificar cambiando el valor de la variable asociada a este.

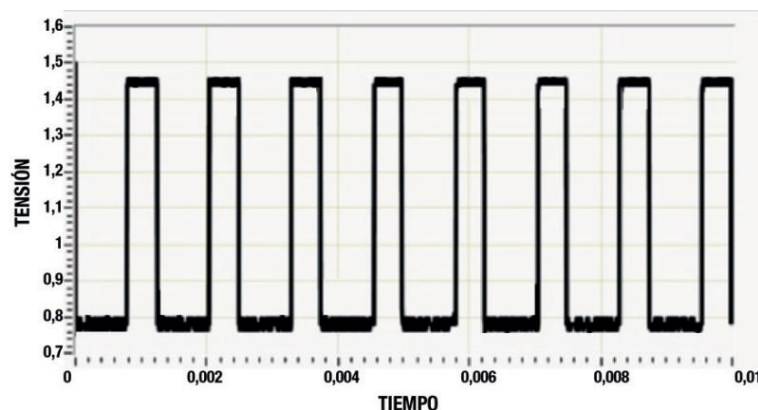


Figura 19. Señal de tensión del sensor activo de revoluciones.

- El programa interpreta los valores y los escala a valores que puede comparar obteniendo:
 - ❖ Si la velocidad es suficiente para tener agarre con la inclinación actual, se devolverá el valor de inclinación y corriente a partir del cual el sistema obtiene la restricción de la señal de golpe de gas.
 - ❖ Si la velocidad es demasiado baja para la inclinación, la restricción del golpe de gas será máxima y además se encenderán los leds de estado del sistema para indicar el peligro al conductor.
 - ❖ Si la Inclinación es demasiado baja para la velocidad, no será relevante para la restricción al no afectar al agarre de la rueda trasera.
- **RPM:** junto a la de velocidad, es la única entrada analógica que no se puede medir solamente en el momento de accionamiento de la palanca, ya que requiere de una cuenta que duraría demasiado tiempo para la precisión requerida. Por ello, se ha programado utilizando el timer1 del microcontrolador mediante interrupciones de forma que, cada 10ns obtiene el valor de la entrada analógica y mediante una función de detección de flanco obtiene las variaciones en la señal contando cada vez que aumenta de 512 desde un valor inferior. Además en la interrupción se incluye una cuenta lineal que permite dimensionar la cuenta de la señal. Así, los RPM se actualizan cada 100ms, teniendo constantemente un valor de referencia adecuado para medir en el rango necesario. El programa utiliza este dato comparándolo con los de la tabla de tiempos para elegir el caso en el que se encuentra.
- **Gas:** la señal del gas es una señal analógica entre 0V y 5V, para la cual se ha acondicionado el circuito de entrada de modo que el microcontrolador la recibe de 0V a 3,3V. El valor obtenido se divide entre 102 obteniendo un número entero del 0 al 10 que se interpreta en la tabla de tiempo de corte junto a la de RPM para obtener el tiempo de corte final.

- La lectura de los sensores se hace en el momento del cambio de marcha, con los datos obtenidos se calcularán el tiempo de corte y el golpe de gas necesario para la sincronización de los ejes de motor y de transmisión.

○ *Entradas Sensores Digitales*

- Las entradas de los sensores digitales se conectan directamente en configuración pull-up. Excepto las entradas de estado, de esta forma si se estropea el interruptor no funcionará en un modo no deseado.
- Los sensores digitales son:
 - **Interruptor del sensor del embrague:** que permite usar el cambio de forma tradicional con el embrague. Para que esto sea posible se ha condicionado el funcionamiento del sistema a que el interruptor esté sin accionar. De este modo si al comprobar el estado, la lectura del microcontrolador es un 1, el sistema permanecerá inactivo.
 - **Interruptor de subida de marcha y de bajada de marcha:** la subida y la bajada de marcha son independientes y se accionan con un pulsador bidireccional que acciona una al subir y otra al bajar. El sistema ha sido diseñado mediante una función de detección de flanco, por el cual está leyendo constantemente el valor de entrada de los interruptores y al detectar el cambio activa el proceso.
 - **Interruptor de estado:** este interruptor se va a encontrar en el interior de la carcasa del sistema de tal forma que solo se puede variar en la instalación de este. Su función es indicarle al microcontrolador si debe operar en modo unidireccional o bidireccional. Inicialmente se iban a condicionar estos estados a si se tenía conectado el dispositivo al acelerador electrónico ya que, como se ha mencionado anteriormente, es condición sine qua non para poder reducir de marcha correctamente. Sin embargo, se ha optado por este método para aprovechar aquellas motocicletas que ya cuentan con embragues antirrebote y que no quieran incluir una señal intrusiva al sistema. De este modo el golpe de gas lo indica la propia ECU de la motocicleta en lugar del microcontrolador.

- **Entrada de seguridad:** está diseñada para que el sistema solamente pueda funcionar cuando lee un valor en la entrada. Esta viene de un circuito aparte, que constará de un microcontrolador que debe leer todas las demás entradas y verificar que se están obteniendo datos de ellas. Si no se obtienen datos de todas las señales instaladas y necesarias para el funcionamiento en el estado elegido, la señal mandada será nula indicando al sistema principal que hay un fallo y por tanto no se puede realizar la acción. El sistema auxiliar contará con un LED que indique que está funcionando correctamente y otro que indique cuando hay un fallo. Ambos deben instalarse en el cuadro de la motocicleta.

○ *Salidas Digitales*

- Las salidas digitales son:
 - **Acelerador electrónico:** Salida de la señal PWM que activa el servomotor del acelerador electrónico. Se utiliza el driver de señal PWM proporcionado por la escuela y conectado al pin 26 o salida PWM1L1.
 - **LED Estado:** Salidas del LED que indican si se está utilizando el dispositivo de forma bidireccional o unidireccional.
 - **Switches alimentación:** se ha utilizado un mosfet, en lugar de un transistor por la cantidad de corriente que se debe cortar, que puede llegar a 5A. Al polarizar por voltaje en lugar de por corriente, estos son funcionarán sin mayor problema. Se deben conectar entre la batería y las bobinas del motor.
 - **Puente acelerador:** se ha utilizado un transistor que activa el relé para habilitar el puente y llevar la señal PWM al acelerador electrónico.

8.3 *Función Tabla de Tiempos (corte de inyección)*

Para que el sistema funcione de la forma más eficiente posible, se ha diseñado de tal forma que los tiempos de corte de inyección para que la marcha se engrane estén condicionados a la situación momentánea medida por los sensores^[9]. El sistema se podría hacer solamente con un tiempo suficientemente elevado para funcionar a cualquier rango de movimiento y de carga del motor, pero si se programa correctamente la eficiencia del sistema y la fluidez del cambio serán mucho mayores. Además el uso de los tiempos adaptados permite mejorar la vida útil del cambio ya que la marcha se engrana en el momento necesario.

Los tiempos de espera son medidos por el dispositivo mediante función retardo del programa utiliza el timer2 del microcontrolador. Funciona pausando el sistema completamente mientras espera a la bajada de bandera del timer. El tiempo de espera depende de la variable introducida en la llamada a la función y es la variable que se va a obtener mediante esta tabla.

Idealmente se deben obtener los tiempos de corte de cada motor en un banco de potencia sin embargo, al tratarse de una solución estandarizada al máximo, se ha decidido usar unos tiempos que funcionarán con seguridad para cualquier moto. Como valor añadido, se puede proporcionar el código a talleres socios de forma que, si el usuario final decidiese mejorar al máximo el rendimiento del dispositivo, se pudiese reprogramar para utilizar los tiempos óptimos.

En el programa se ha hecho una escala de 0 a 10 para las RPM y para el porcentaje de carga del acelerador. Al tomar las medidas se obtiene por una relación lineal el punto de la escala en la que se encuentra momentáneamente y con estos datos se accede a la tabla de tiempos seleccionando el necesario.

Para valores demasiado bajos de RPM el tiempo de corte obtenido es 0, lo que supone que el sistema no entra en funcionamiento. Esto se debe a que para esos rangos de revoluciones el cambio de marcha no sería fluido y acabaría dañando considerablemente el mecanismo.

Carga	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%	100%
RPM											
0-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-3000	120	120	110	105	100	95	90	90	85	85	80
300-400	110	110	105	100	95	95	90	85	80	80	75
400-500	105	105	100	100	95	95	90	85	80	80	75
500-600	100	100	100	95	95	95	90	85	80	80	75
600-700	95	95	95	90	90	85	85	85	80	80	75
700-800	90	90	85	85	85	80	80	75	70	70	65
800-900	85	85	80	80	75	70	70	65	65	60	60
900-1000	80	80	75	70	70	65	65	60	60	60	60
1000-1100	80	80	75	70	70	65	65	60	60	60	60
1100-1200	80	80	75	70	70	65	65	60	60	60	60

Tabla 1. Tabla de tiempos de corte según RPM y carga en el motor

Para que el proceso funcione correctamente, no vale con cortar la corriente de las bobinas el tiempo necesario, sino que también hay que hacerlo en el momento adecuado. Al notar la pulsación en la palanca, el microcontrolador debe esperar unos 15 ms^[9] a que el engranaje este en la posición justa para introducir la marcha. En este caso el tiempo siempre va a ser el mismo ya que la velocidad es siempre similar.

8.4 Corrección del Acelerador Electrónico (% de gas al reducir)

Paralelamente al tiempo de corte, ha sido necesario adaptar el golpe de gas que debe dar el sistema al reducir de marcha. En este caso, ese aumento de revoluciones se hace para evitar el bloqueo de la rueda trasera durante la conducción y los riesgos que conlleva para el

propio piloto. Por lo que el propio sistema detecta, mediante los sensores de carga inclinación y velocidad, el agarre disponible de la rueda en el suelo, y cuanto menor sea este mayor tiene que ser el golpe de gas.

En cualquier caso, el mínimo de gas necesario va a ser del 50% siempre ya que menos de eso podría suponer un rango demasiado bajo y un aumento del riesgo. El máximo, como es obvio, es el 100% que se dará siempre que se esté a un rango de rpm mayor de 5000, o en el que se disponga de una situación de agarre relativamente bajo.

- Situación de agarre mínimo:
 - Golpe de gas 100%.
 - Siempre que la relación inclinación-velocidad sea mayor de 1. Se considera que la velocidad es demasiado baja para la inclinación actual por lo que el agarre no es suficiente.
 - La inclinación sea de más de 30° , a partir de la cual la superficie de contacto con el suelo empieza a ser demasiado baja.
 - Relación de carga trasera-delantera menor que 1. Si esto ocurre significa que la distribución de pesos está en el eje delantero por lo que la fricción disponible de la rueda con el suelo trasera es insuficiente.
- En el resto de los casos, se obtiene el porcentaje de forma lineal, calculando cuál de las condiciones anteriormente mencionadas es peor y corrigiéndolo en función de la situación obtenida.

8.5 *Prototipo Funcional*

Para probar el dispositivo se ha desarrollado un prototipo completamente digital. Todas las señales necesarias se pueden reproducir y, por tanto, se ha podido asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

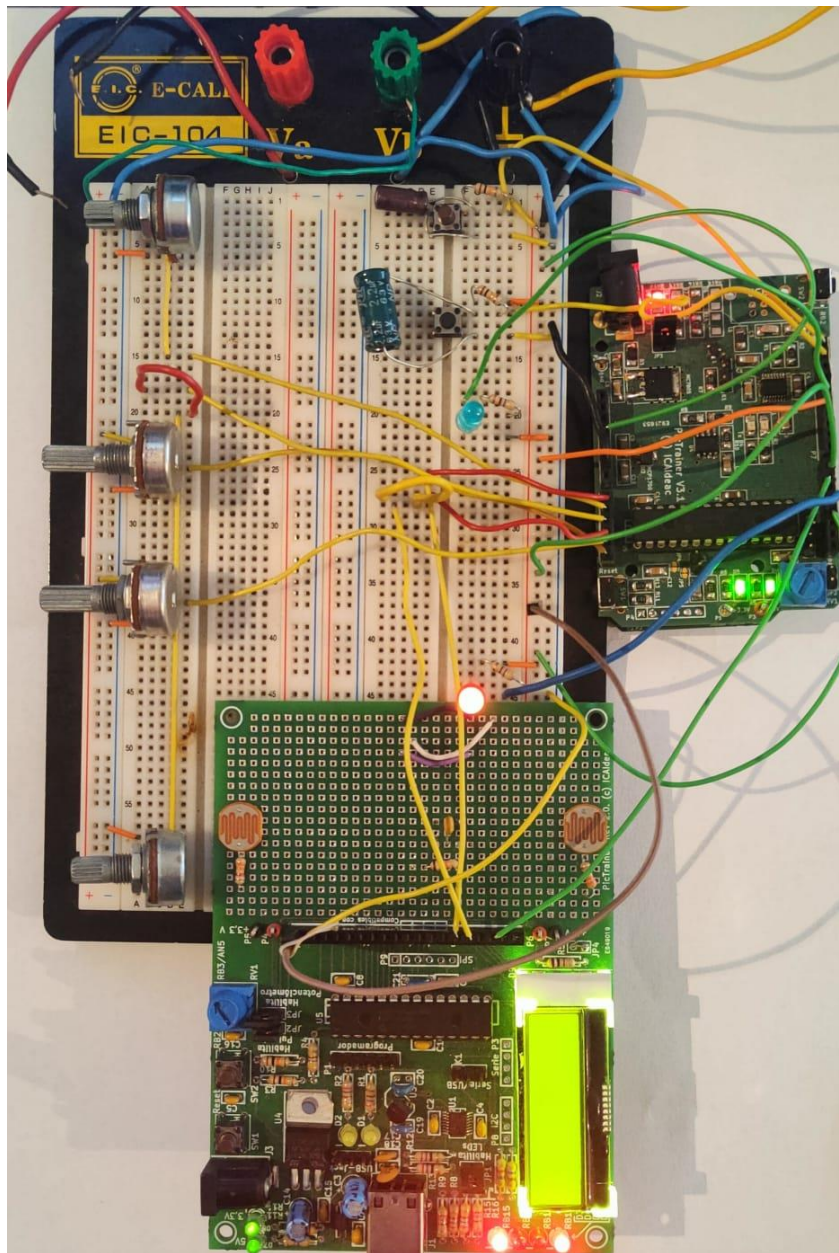


Figura 20. Prototipo de desarrollo

Como se puede apreciar en la figura 20, para hacerlo posible se ha utilizado otro microcontrolador encargado de simular las entradas analógicas recibidas de los sensores de velocidad. Su frecuencia es variable mediante el uso del potenciómetro y el pulsador de la placa.

Para el resto de las entradas analógicas, se ha optado por utilizar un potenciómetro que varíe la tensión entre 0 y 3,3V.

Las entradas digitales se han simulado, o bien con pulsadores para las entradas en pull-up, o bien con una entrada directa a 3,3V para aquellas en pull-down.

Por último las salidas del sistema se han simulado mediante el uso de los distintos LED conectados a la placa, pudiendo apreciar la activación de los puertos de manera fácil y visual.

9. CONCLUSIONES

En conclusión se ha conseguido un dispositivo completo y totalmente adaptable que permite su uso en cualquier motocicleta. Los objetivos principales del proyecto se han cubierto completamente:

- .1. Se ha realizado un software completo y versátil que permite el uso del sistema en cualquier tipo de motocicleta, mediante el uso de los interruptores se puede alternar la función del software. Un uso universal es perfectamente factible, siempre y cuando se disponga de un técnico de instalación cualificado para ello, entendiendo las señales de entrada y su dimensionamiento requerido.
- .2. El diseño ha se ha centrado en la aplicación universal del sistema, utilizando los sensores se adaptan a las circunstancias y al momento en el que se encuentra el vehículo, esto es especialmente interesante en su uso por carreteras convencionales que no estén en un perfecto estado como un circuito.
- .3. El producto está completo con todas las funcionalidades que se deseaba implementar, es adaptable a las circunstancias de la conducción y a cada motocicleta.
- .4. Se ha diseñado completamente partiendo de las bases de seguridad establecidas al comienzo del proyecto. Se ha conseguido un producto con fiabilidad completa que no supone un riesgo para la seguridad del piloto en caso de fallo.
- .5. Se ha realizado un prototipo a partir de dos microcontroladores para la prueba del dispositivo. Utilizando tiempos mayores y señales adaptadas para emular de manera digital las entradas analógicas del dispositivo.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Foale T. Motorcycle Handling and Chassis Design the art and science. Published in Spain: Tony Foale Designs; 2006.
- [2]. Rassokha V, Isaychev V. New Design of the automobile automatic gearbox providing driving simplification and driver fatigue decrease. Transp res procedia [Internet]. 2017;20:544–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.088>
- [3]. Domínguez C. Ride by wire, bienvenidos a la mezcla perfecta [Internet]. Motorpasionmoto.com. Motorpasion Moto; 2011 [citado el 4 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/ride-by-wire-bienvenidos-a-la-mezcla-perfecta>
- [4]. Gómez JL. Qué son los desarrollos de la caja de cambios [Internet]. Diariomotor. 2021 [citado el 10 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/elegir-desarrollos-cambio/>
- [5]. Correia A. Quickshifter & Auto Blipper [Internet]. <ftp://motorcyclespecs.co.za>. 2005 [citado el 4 de agosto de 2022]. Disponible en: https://www.motorcyclespecs.co.za/Technicale/Quickshifter_&_Auto_Blipper.html
- [6]. Vittore Cossalter T y. AB. “The gyroscopic effects on a motorcycle”.
- [7]. Bennetts. Motorcycle quickshifters: Are they safe, how do they work? [Internet]. Bennetts UK. [citado el 4 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.bennetts.co.uk/bikesocial/reviews/products/motorcycle-technology/motorcycle-quickshifters-are-they-safe-how-work>
- [8]. Throttle servomotors [Internet]. Picoauto.com. [citado el 4 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/throttle-servomotors/>
- [9]. Garage V. Fabrico un QUICKSHIFTER por 5€ [Internet]. Youtube; 2020 [citado el 10 de agosto de 2022]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=pCL-26xS_W0

11. ANEXO I. MAIN

```
#include <p33FJ32MC202.h>
#include "config.h"
#include <stdio.h>
#include "timer1.h"
#include "timer2.h"
#include "timer3.h"
#include "retardo.h"
#include "pwm.h"
#include "adc.h"

// FUNCIONES
void inicializarPuertos(void); // Inicializacion de puertos
static int medirRPM(int cuenta2); // Escala la cuenta del timer
static int inclinacion(void); // Escala la correccion del
gas
int tiemposdecorte(int cuenta4, int caso); // Tabla de tiempo de corte
static int medirgas(int carga); // Transforma la Cartga en N°
[1,10]

//VARIABLES

unsigned int dms = 1; //10 ns Para la deteccionn de flanco y
medida RPM
unsigned int ret = 150; //15 ms
unsigned int retard = 800; //80 ms
unsigned int corte = 0; //tiempo de corte inicialmente 0 ms
unsigned int bits = 15; //Indica la salida del pin 26 para el pwm
unsigned int gas = 0; //gas necesario para no bloquear la re
unsigned int frec= 1; //Frec PWM 200hz (1 ciclo cada 5ms)
unsigned int gasmin = 50; //Minimo gas de seguridad para no
bloquear la rueda trasera
unsigned int acel = 0; // %acelerador
unsigned int vel = 0; //Velocidad
int incl = 0; //Inclinacion
unsigned int corr = 0; //Correccion para el gas
static unsigned int ticks =0; //Ticks para cuentas de rpm
static unsigned int ticks1 =0; //Ticks para cuentas de velocidad
static int cuenta = 0; //Cuenta momentanea para rpm
static int cuenta1 = 0; //Cuenta fija para rpm
static int cuenta2 = 0; //Cuenta momentanea para vel
static int cuenta3 = 0; //Cuenta fija para vel
static int cuenta4 = 0; //Cuenta de eje de velocidad de tabla de
tiempos
static int cargadel = 0; // carga en el eje delantero
static int cargatras = 0; // carga en el eje trasero
static int casol = 0; // Cuenta eje de gas tabal de tiempos
```

```

static int estado = 0;           // Variable maquina de estados
static int RPM1 = 0;            // RPM
unsigned int seg = 0;           // variable para entrada de seg
unsigned int clutch = 0;        // variable para entrada de clutch
unsigned int oneway = 0;        // variable para entrada de 1way
unsigned int twoway = 0;        // variable para entrada de 2way
unsigned int n;                 // numero de dientes Sensor Vel
unsigned int n1=30;             // numero de dientes Sensor Vel
unsigned int r=70;              // numero de dientes Sensor Vel

// MAIN
int main(void) {
    AD1PCFGL = 0xFFFF;
    inicializarReloj();
    inicializarPuertos();
    configurarPinADC(0);         //entrada RPM
    configurarPinADC(1);         //Entrada Carga en Eje
    delantero
        configurarPinADC(2);     //Entrada Carga en Eje
    trasero
        configurarPinADC(3);     //Entrada velocímetro
        configurarPinADC(4);     //Entrada Inclínómetro
        configurarPinADC(5);     //Sensor de gas
        inicializarADC();
        inicializarTimer1(dms);  //Timer 1 para medir rpm
        inicializarTimer3(dms);  //Timer 3 para medir vel
        inicializarPWM((1 << bits),gas); //PWM para acelerador

    // VARIABLES PARA FLANCOS
    int pulsadorUP = 1;
    int pulsadorUP_ant;
    int pulsadorDOWN = 1;
    int pulsadorDOWN_ant;
    static int flanco=0;         // variable flanco de RPM del timer
    static int flanco2;         // variable flanco Vel del timer
    static int flanco1;
    static int flanco3=0;
    n=n1/5;
    // MAIN
    while (1) {
        seg=(PORTB >> 14) & 0x1; // Viene de otro circuito
        clutch=(PORTB >> 11) & 0x1; // Está en pull-up
        oneway=(PORTB >> 4) & 0x1; // está en pull-down (evita fallos)
        twoway=(PORTB >> 6) & 0x1; // Está en pull-down (evita fallos)
        flanco1 = flanco;
        flanco = getMedidaADC(0); // Velocidad Rpm
        flanco3 = flanco2;
        flanco2 = getMedidaADC(3); // Velocidad Rueda
        if(flanco>512 && flanco1<=512){
            cuenta++;
        }
    }
}

```

```

    if(flanco2>512 && flanco3<=512){
        cuenta2++;
    }

    if(seg && clutch){ // Se comprueba la entrada de
seguridad antes para evitar riesgos
        if(oneway){
            estado=1; // 1-way
        }else{
            if(twoway){
                estado=2; // 2-way
            }else{
                estado=0;
            }
        }
        switch (estado){ // maquina de estados
            case (0) :
                PORTB &= ~(1 << 10);
                PORTB &= ~(3 << 12);
                PORTB &= ~(1 << 15);
                break;
            case (1) :

                PORTB &= ~(1 << 13);
                PORTB |= 1 << 12;
                pulsadorUP_ant = pulsadorUP;
                pulsadorUP = (PORTB >> 8) & 0x1; // Detector de
flanco de subida de marcha
                if ((pulsadorUP != pulsadorUP_ant) && pulsadorUP == 0){
//Subida de Marcha (Quickshifter)
                    cuenta4 = (int) (1UL*RPM1/1000);
                    acel = getMedidaADC(5); // posición del
acelerador
                    caso1 = medirgas(acel); // Escalón de gas para
la tabla de tiempo
                    corte = tiemposdecorte(cuenta4,caso1); // Elección de
tiempo total s
                    retardo(ret);
                    PORTB |= 1 << 15;
                    retardo(corte);
                    PORTB &= ~(1 << 15);
////
                }else{
                    PORTB &= ~(1 << 10);
                    PORTB &= ~(1 << 15);
                }
            break;

            case (2) :
                PORTB &= ~(1 << 12); // Indicadores del
estado de uso
                PORTB |= 1 << 13;

```

```

        pulsadorDOWN_ant = pulsadorDOWN;
        pulsadorDOWN = (PORTB >> 9) & 0x1;    // Detector de flanco
de bajada de marcha
        pulsadorUP_ant = pulsadorUP;
        pulsadorUP = (PORTB >> 8) & 0x1;    // Detector de
flanco de subida de marcha
        setFrecuencia(frec);
        setDcPWM((1 << bits),gas);
        if ((pulsadorUP != pulsadorUP_ant) && pulsadorUP == 0){
//Subida de Marcha (Quickshifter)

                cuenta4 = (int) (1UL*RPM1/1000);
        acel = getMedidaADC(5);                // posición del acelerador
        casol = medirgas(acel);                // Escalón de gas para la tabla de
tiempo
        corte = tiemposdecorte(cuenta4,casol); // Elección de tiempo total s
                if(corte>0){
                        retardo(ret);
                        PORTB &= ~(1 << 13);
                        retardo(corte);
                        PORTB |= 1 << 13;
                }
        }else{
                PORTB &= ~(1 << 10);
                PORTB |= 1 << 13;

        if ((pulsadorDOWN != pulsadorDOWN_ant) && pulsadorDOWN == 0){
// Bajar marcha (Quickshifting+Autoblipper)
        cuenta4 = (int) (1UL*RPM1/1000);
        acel = getMedidaADC(5);                // posición del
acelerador
        casol = medirgas(acel);                // Escalón de gas para
la tabla de tiempo
        corte = tiemposdecorte(cuenta4,casol); // Elección de
tiempo total s
        cargadel = (int) (100UL *getMedidaADC(1)/1023);    //
Medicion garag delantera
        cargatras = (int) (100UL *getMedidaADC(2)/1023); ;    //
Medición garga trasera
        incl = (int) (100UL*getMedidaADC(4)/512)-100;    //
Inclinación de la moto con 0 en 0°
        corr= inclinacion();                // Cálculo de la
correccion del gas
        gas = gasmin+corr;                // Cantidad de gas
final
        gas = gas*100;
        if(gas>8000){
                PORTB |= 1 << 10;
        }else{

                PORTB &= ~(1 << 10);
        }

```

```

        setDcPWM((1 << bits), gas);
        if(corte>0){
            retardo(ret);
            PORTB &= ~(1 << 13);
            retardo(corte);
            PORTB |= 1 << 13;
            setDcPWM((1 << bits), gas);
            PORTB |= 1 << 7;
            // Alternativamente se puede conectar a la ECU en la
            entrada del acelerador
            // La señal seria la misma pero se mandaria a un
            generador gobernado por el PWM
            activarPWM(1 << bits); //activa la señal
            del acelerador electronico al nivel de carga requerido
            retardo(retard); // Tiempo minimo que
            necesita el motor para subir a esas RPM
            desactivarPWM(1 << bits);
            PORTB &= ~(1 << 7); //Funcion que desactiva
            el puente del acelerador electronico
            PORTB &= ~(1 << 15);

        }else{
            estado=0;
            PORTB &= ~(1 << 7);
            PORTB &= ~(1 << 10);
            PORTB &= ~(1 << 15);
            PORTB |= 1 << 13;
        }
    }
}
break;
}
}
PORTB &= ~(1 << 7);

PORTB &= ~(1 << 10);
}
return 0;
}

// INTERRUPTO "N" TIMER
void __attribute__((interrupt, no_auto_psv)) _T1Interrupt(void) { // En
la interrupción se hace la medida de RPM

    IFS0bits.T1IF = 0; // Bandera a 0
    ticks++;
    if (ticks==10000){ // Tasa de refresco de 0,1
segundos
        cuenta1=cuenta;
        RPM1 = medirRPM(cuenta1);
        cuenta=0;
        ticks=0;
    }
}

```

```

    }
}

void __attribute__((interrupt, no_auto_psv)) _T3Interrupt(void) { // En
la interrupción se hace la medida de RPM

    IFS0bits.T3IF = 0; // Bandera a 0
    ticks1++;

    if (ticks1==20000){ // Tasa de refresco de
0,2 segundos
        cuenta3=cuenta2*r;

        vel = (int) (5UL*cuenta3)/(n*12); // % velocidad sobre
100m/s
        cuenta2=0;
        ticks1=0;
    }
}

// FUNCIONES
void inicializarPuertos (void){ //Puertos a usar por el sistema
    TRISB |= 3 << 5; // RB5 RB6 entrada digital del estado de uso
    TRISB |= 3 << 8; // RB8 RB9 entrada digital de la palanca de
marchas
    TRISB &= ~(1 << 7); // RB7 salida del relé, puente acelerador
    TRISB &= ~(1 << 10); // RB10 salida al mosfet de la inyección
    TRISB |= 1 << 11; // RB11 entrada digital del sensor del clutch
    TRISB &= ~(3 << 12); // RB12 salida del sistema
    TRISB |= 1 << 14; // RB13 digital entrada de sistema de
seguridad
    TRISB &= ~(1 << 15); // RB14 y 15 salidas del sistemas
    PORTB &= ~(1 << 7); // RB7 apagado LED
    PORTB &= ~(3 << 12); // RB12 empieza apagado
    PORTB &= ~(1 << 15); // RB15 empiezan apagadas

}

static int medirRPM(int cuenta2){
    return (int) (1UL*cuenta2*600); // Devuelve la cuenta
del timer en RPM
}

static int inclinacion(){ //funcion de interpretacion de
inclinacion y velocidad
    static int corr1 = 0;

    if ((vel<incl) || (incl>33)|| (-incl>33)|| (cargadel>cargatras)){
        corr1 = 50;
    }else{
        if ((incl>0) && (vel>incl)){
            corr1 = (int) (1UL*( 100-(vel)+(incl)))/2;
        }else{

```

```
        if ((incl<0) && vel>(-incl)) {
            corrl = (int) (1UL*( 100-(vel)-(incl)))/2;
        }else{
            corrl=0;
        }
    }
    return corrl;
}

static int medirgas(int carga) { // funcion para dimensionar
la entrada de gas
    static int casol = 0;

    if (carga>0) {
        casol =(int) (1UL*carga)/102;
    }else{
        casol=0;
    }
    return casol;
}

int tiemposdecorte(int cuenta4, int caso) { //Funciona como tabla de
tiempos de corte para el sistema //Cuenta4 depende de las RPM
y Caso de la carga en el motor
unsigned int dms2 = 0; //tiempo de corte en la
funcion
switch(cuenta4) {
    case (0) :
        dms2=0;
        break;
    case (1) :
        dms2=0;
        break;
    case (2) :
        switch(caso) {
            case (0) :
                dms2=1200;
                break;
            case (1) :
                dms2=1200;
                break;
            case (2) :
                dms2=1100;
                break;
            case (3) :
                dms2=1050;
                break;
            case (4) :
                dms2=1000 ;
                break;
            case (5) :
                dms2=950;
                break;
        }
    }
}
```

```
        break;
        case (6) :
            dms2=900;
        break;
        case (7) :
            dms2=900;
        break;
        case (8) :
            dms2=850 ;
        break;
        case (9) :
            dms2=850 ;
        break;
        case (10) :
            dms2=800 ;
        break;
    }
    break;
case (3) :
    switch (caso) {
        case (0) :
            dms2=1100;
        break;
        case (1) :
            dms2=1100;
        break;
        case (2) :
            dms2=1050;
        break;
        case (3) :
            dms2=1000;
        break;
        case (4) :
            dms2=950 ;
        break;
        case (5) :
            dms2=950;
        break;
        case (6) :
            dms2=900;
        break;
        case (7) :
            dms2=850;
        break;
        case (8) :
            dms2=850 ;
        break;
        case (9) :
            dms2=850 ;
        break;
        case (10) :
```

```
        dms2=800 ;  
        break;  
    }  
    break;  
case (4) :  
    switch (caso) {  
        case (0) :  
            dms2=1050;  
            break;  
        case (1) :  
            dms2=1050;  
            break;  
        case (2) :  
            dms2=1000;  
            break;  
        case (3) :  
            dms2=1000;  
            break;  
        case (4) :  
            dms2=950 ;  
            break;  
        case (5) :  
            dms2=950;  
            break;  
        case (6) :  
            dms2=900;  
            break;  
        case (7) :  
            dms2=850;  
            break;  
        case (8) :  
            dms2=800 ;  
            break;  
        case (9) :  
            dms2=800 ;  
            break;  
        case (10) :  
            dms2=750 ;  
            break;  
    }  
    break;  
case (5) :  
    switch (caso) {  
        case (0) :  
            dms2=1000;  
            break;  
        case (1) :  
            dms2=1000;  
            break;  
        case (2) :
```

```
    dms2=1000;  
    break;  
    case (3) :  
        dms2=950;  
        break;  
    case (4) :  
        dms2=950 ;  
        break;  
    case (5) :  
        dms2=950;  
        break;  
    case (6) :  
        dms2=900;  
        break;  
    case (7) :  
        dms2=850;  
        break;  
    case (8) :  
        dms2=800 ;  
        break;  
    case (9) :  
        dms2=800 ;  
        break;  
    case (10) :  
        dms2=750 ;  
        break;  
    }  
case (6) :  
    switch (caso) {  
        case (0) :  
            dms2=950;  
            break;  
        case (1) :  
            dms2=950;  
            break;  
        case (2) :  
            dms2=950;  
            break;  
        case (3) :  
            dms2=900;  
            break;  
        case (4) :  
            dms2=900 ;  
            break;  
        case (5) :  
            dms2=850;  
            break;  
        case (6) :  
            dms2=850;  
            break;  
        case (7) :
```

```
        dms2=850;
        break;
    case (8) :
        dms2=800 ;
        break;
    case (9) :
        dms2=800 ;
        break;
    case (10) :
        dms2=750 ;
        break;
    }
    break;
case (7) :
    switch (caso) {
        case (0) :
            dms2=900;
            break;
        case (1) :
            dms2=900;
            break;
        case (2) :
            dms2=850;
            break;
        case (3) :
            dms2=850;
            break;
        case (4) :
            dms2=850;
            break;
        case (5) :
            dms2=800;
            break;
        case (6) :
            dms2=800;
            break;
        case (7) :
            dms2=750;
            break;
        case (8) :
            dms2=700 ;
            break;
        case (9) :
            dms2=700 ;
            break;
        case (10) :
            dms2=650 ;
            break;
    }
case (8) :
```

```
switch (caso) {  
  case (0) :  
    dms2=850;  
    break;  
  case (1) :  
    dms2=850;  
    break;  
  case (2) :  
    dms2=800;  
    break;  
  case (3) :  
    dms2=800;  
    break;  
  case (4) :  
    dms2=750 ;  
    break;  
  case (5) :  
    dms2=700;  
    break;  
  case (6) :  
    dms2=700;  
    break;  
  case (7) :  
    dms2=650;  
    break;  
  case (8) :  
    dms2=650 ;  
    break;  
  case (9) :  
    dms2=500 ;  
    break;  
  case (10) :  
    dms2=600 ;  
    break;  
}  
break;  
case (9) :  
  switch (caso) {  
    case (0) :  
      dms2=800;  
      break;  
    case (1) :  
      dms2=800;  
      break;  
    case (2) :  
      dms2=750;  
      break;  
    case (3) :  
      dms2=700;  
      break;  
    case (4) :  
      dms2=700 ;
```

```
break;
case (5) :
dms2=650;
break;
case (6) :
dms2=650;
break;
case (7) :
dms2=600;
break;
case (8) :
dms2=600 ;
break;
case (9) :
dms2=600 ;
break;
case (10) :
dms2=600 ;
break;
}
break;
case (10) :
switch (caso) {
case (0) :
dms2=800;
break;
case (1) :
dms2=800;
break;
case (2) :
dms2=750;
break;
case (3) :
dms2=700;
break;
case (4) :
dms2=700 ;
break;
case (5) :
dms2=650;
break;
case (6) :
dms2=650;
break;
case (7) :
dms2=600;
break;
case (8) :
dms2=600 ;
break;
case (9) :
dms2=600 ;
```

```
        break;
        case (10) :
            dms2=600 ;
            break;
        }
        break;
    case (11) :
        switch (caso) {
            case (0) :
                dms2=800;
                break;
            case (1) :
                dms2=800;
                break;
            case (2) :
                dms2=750;
                break;
            case (3) :
                dms2=700;
                break;
            case (4) :
                dms2=700 ;
                break;
            case (5) :
                dms2=650;
                break;
            case (6) :
                dms2=650;
                break;
            case (7) :
                dms2=600;
                break;
            case (8) :
                dms2=600 ;
                break;
            case (9) :
                dms2=600 ;
                break;
            case (10) :
                dms2=600 ;
                break;
        }
        break;
    case (12) :
        switch (caso) {
            case (0) :
                dms2=1000;
                break;
            case (1) :
                dms2=1000;
                break;
            case (2) :
```

```
        dms2=950;  
        break;  
        case (3) :  
            dms2=950;  
            break;  
        case (4) :  
            dms2=850;  
            break;  
        case (5) :  
            dms2=800;  
            break;  
        case (6) :  
            dms2=750;  
            break;  
        case (7) :  
            dms2=700;  
            break;  
        case (8) :  
            dms2=650 ;  
            break;  
        case (9) :  
            dms2=650 ;  
            break;  
        case (10) :  
            dms2=600 ;  
            break;  
    }  
    break;  
}  
return dms2;  
}
```

12. ANEXO II. DRIVERS

12.1 *Timer1.c*

```
/*
 * File:   retardo.c
 * Author: stic
 *
 * Created on 27 de septiembre de 2019, 8:56
 */

#include <p33FJ32MC202.h>
#include "config.h"
#include "timer1.h"

void inicializarTimer1(unsigned int dms) {
    int preescalado;
    float pr;

    if (dms <= 160) {
        preescalado = 1;
        T1CON = 0x0000;
    } else if ((dms <= 1300) && (dms >= 160)) {
        preescalado = 8;
        T1CON = 0x0010;
    }
    else if ((dms > 1300) && (dms <= 10500)) {
        preescalado = 64;
        T1CON = 0x0020;
    }
    else if ((dms > 10500) && (dms <= 41900)) {
        preescalado = 256;
        T1CON = 0x0030;
    }
    }

    pr = FCY/100000/preescalado*dms;
    PR1 = (int)pr;
    TMR1 = 0;
    IFS0bits.T1IF = 0;
    IEC0bits.T1IE = 1; //habilitar interrupciones
    IPC0bits.T1IP = 3; // prioridad interrupciones puede ser cualquier
numero del 1 al 7
    T1CON |= 1 << 15;
    ;
    return;
}
```

12.2 Timer2.c

```
#include <p33FJ32MC202.h>
#include "config.h"
#include "timer2.h"

void inicializarTimer2(unsigned int dms) {
    int preescalado;
    float pr;

    if (dms <= 160) {
        preescalado = 1;
        T2CON = 0x0000;
    } else if ((dms <= 1300) && (dms >= 160)) {
        preescalado = 8;
        T2CON = 0x0010;
    }
    else if ((dms > 1300) && (dms <= 10500)) {
        preescalado = 64;
        T2CON = 0x0020;
    }
    else if ((dms > 10500) && (dms <= 41900)) {
        preescalado = 256;
        T2CON = 0x0030;
    }
    }

    pr = FCY/100000/preescalado*dms;
    PR2 = (int)pr;
    TMR2 = 0;
    IFS0bits.T2IF = 0;
    IEC0bits.T2IE = 1; //habilitar interrupciones
    IPC1bits.T2IP = 3; // prioridad interrupciones puede ser cualquier
numero del 1 al 7
    T2CON |= 1 << 15;
    ;
    return;
}
```

12.3 Timer3.c

```
#include <p33FJ32MC202.h>
#include "config.h"
#include "timer3.h"
void inicializarTimer3(unsigned int dms) {
    int preescalado;
    float pr;

    if (dms <= 160) {
        preescalado = 1;
        T3CON = 0x0000;
    } else if ((dms <= 1300) && (dms >= 160)) {
        preescalado = 8;
        T3CON = 0x0010;
    }
    else if ((dms > 1300) && (dms <= 10500)) {
        preescalado = 64;
        T3CON = 0x0020;
    }
    else if ((dms > 10500) && (dms <= 41900)) {
        preescalado = 256;
        T3CON = 0x0030;
    }
    }

    pr = FCY/100000/preescalado*dms;
    PR3 = (int)pr;
    TMR3 = 0;
    IFS0bits.T3IF = 0;
    IEC0bits.T3IE = 1; //habilitar interrupciones
    IPC2bits.T3IP = 3; // prioridad interrupciones puede ser cualquier
numero del 1 al 7
    T3CON |= 1 << 15;
    ;
    return;
}
```

12.4 Retardo.c

```
/*
 * File:   retardo.c
 * Author: stic
 *
 * Created on 27 de septiembre de 2019, 8:56
 */

#include <p33FJ32MC202.h>
#include "config.h"

void retardo(unsigned int dms) {
    int preescalado;
    float pr;

    if (dms <= 16) {
        preescalado = 1;
        T2CON = 0x0000;
    } else if (dms <= 130) {
        preescalado = 8;
        T2CON = 0x0010;
    }
    else if ((dms > 130) && (dms <= 1050)) {
        preescalado = 64;
        T2CON = 0x0020;
    }
    else if ((dms > 1050) && (dms <= 4190)) {
        preescalado = 256;
        T2CON = 0x0030;
    }
    }

    pr = FCY/10000/preescalado*dms;
    PR2 = (int)pr;
    TMR2 = 0;
    IFS0bits.T2IF = 0;
    T2CON |= 1 << 15;
    while (IFS0bits.T2IF == 0);
    IFS0bits.T2IF = 0;
    T2CON &= ~(1 << 15);
    return;
}
```

12.5 *pwm.c*

```
// -----  
// ----- MÓDULO DE PWM -----  
// -----  
/**  
 * @file      pwm.c  
 *  
 * @author    Jaime Boal Martín-Larrauri, Jos   Daniel Muñoz Fr  as  
 *  
 * @version   1.0.1  
 *  
 * @date      07/09/2015  
 *  
 * @brief     Módulo encargado de generar señales de PWM usando el  
módulo PWM  
 *           del microcontrolador.  
 */  
  
// -----  
#include <xc.h>  
#include "pwm.h"  
#include "config.h" // Para la definición de FCY  
  
// -----  
// ----- FUNCIONES -----  
// -----  
  
void inicializarPWM(unsigned int bit_map, unsigned int frecuencia)  
{  
    PlTCONbits.PTSIDL = 0; // Continuar funcionando en modo suspensión  
    PlTCONbits.PTOPS  = 0; // Postescalado: 1:1 (aumentar el tiempo  
entre interrupciones)  
    PlTCONbits.PTCKPS = 0; // Preescalado: 1:1  
    PlTCONbits.PTMOD  = 0; // Modo de funcionamiento: Free-running  
(sólo subida)  
    PWM1CON1 = 0x0700; // Pares de pines independientes y  
deshabilitados como MCPWM  
  
    // Se configuran los bits de "override" para que se conecte la salida  
del  
    // generador de PWM con las salidas correspondientes del puerto B.
```

```
if(bit_map & (1<<15)){ // PWM1L1
    P1OVDCONbits.POVD1L = 1;
}
if(bit_map & (1<<14)){ // PWM1H1
    P1OVDCONbits.POVD1H = 1;
}
if(bit_map & (1<<13)){ // PWM1L2
    P1OVDCONbits.POVD2L = 1;
}
if(bit_map & (1<<12)){ // PWM1H2
    P1OVDCONbits.POVD2H = 1;
}
if(bit_map & (1<<11)){ // PWM1L3
    P1OVDCONbits.POVD3L = 1;
}
if(bit_map & (1<<10)){ // PWM1H3
    P1OVDCONbits.POVD3H = 1;
}

setFrecuencia(frecuencia);

// Factor de servicio inicial nulo
P1DC1 = 0;
P1DC2 = 0;
P1DC3 = 0;

PWMCON2bits.IUE = 0; // Sincronizar el cambio de factor de
servicio con el periodo
PWMCON2bits.OSYNC = 1; // Sincronizar cambios en las salidas a
través de OVDCON con el periodo
PWMCON2bits.UDIS = 0; // Permitir la modificación del factor
de servicio y del periodo

P1TCONbits.PTEN = 1; // Encender el módulo generador de PWM
}

void setFrecuencia(unsigned int frecuencia)
{
    unsigned long ul_ptper;
    unsigned char uc_preescalado = 0;

    do {
        // PTPER = FCY * PREESCALADO * Periodo - 1 (máx. 32767)
        ul_ptper = (unsigned long) (FCY/frecuencia)/(1 <<
2*uc_preescalado) - 1;
        uc_preescalado++;
    } while (ul_ptper > 32767 && uc_preescalado <= 3);

    if (ul_ptper > 32767)
        ul_ptper = 32767;

    P1TCONbits.PTCKPS = uc_preescalado - 1;
}
```

```
    P1TPER = ul_ptper & 0x7FFF;
}

// -----

void setDcPWM(unsigned int bit_map, unsigned int dc)
{
    unsigned int pldcx;

    if (dc > 10000){
        dc = 10000;
    }
    // PTPER se multiplica por 2 porque un DC igual al
    // periodo implica un factor de servicio del 50%.
    pldcx = (unsigned int) (2L*PTPER*dc/10000);

    if(bit_map & ( (1<<15)|(1<<14) )){ // se desea modificar el dc de un
pin del
        // canal 1
        P1DC1 = pldcx;
    }
    if(bit_map & ( (1<<13)|(1<<12) )){ // se desea modificar el dc de un
pin del
        // canal 2
        P1DC2 = pldcx;
    }
    if(bit_map & ( (1<<11)|(1<<10) )){ // se desea modificar el dc de un
pin del
        // canal 2
        P1DC3 = pldcx;
    }
}

// -----

void activarPWM(unsigned int bit_map)
{
    int n;

    for (n=15;n>9;n-=2){ // Recorremos los bit cuyas salidas pueden tener
PWML
        if(bit_map & (1<<n)){
            PWM1CON1 |= ( 1<<((15-n)>>1) );
        }
    }
    for (n=14;n>9;n-=2){ // Recorremos los bit cuyas salidas pueden tener
PWML
        if(bit_map & (1<<n)){
            PWM1CON1 |= ( 1<<(((14-n)>>1)+4) );
        }
    }
}
```

```
    }  
}  
void desactivarPWM(unsigned int bit_map)  
{  
    int n;  
  
    for (n=15;n>9;n-=2){ // Recorremos los bit cuyas salidas pueden tener  
PWML  
        if(bit_map &(1<<n)){  
            PWM1CON1 &= ~( 1<<((15-n)>>1) );  
        }  
    }  
    for (n=14;n>9;n-=2){ // Recorremos los bit cuyas salidas pueden tener  
PWML  
        if(bit_map &(1<<n)){  
            PWM1CON1 &= ~( 1<<(((14-n)>>1)+4) );  
        }  
    }  
}
```

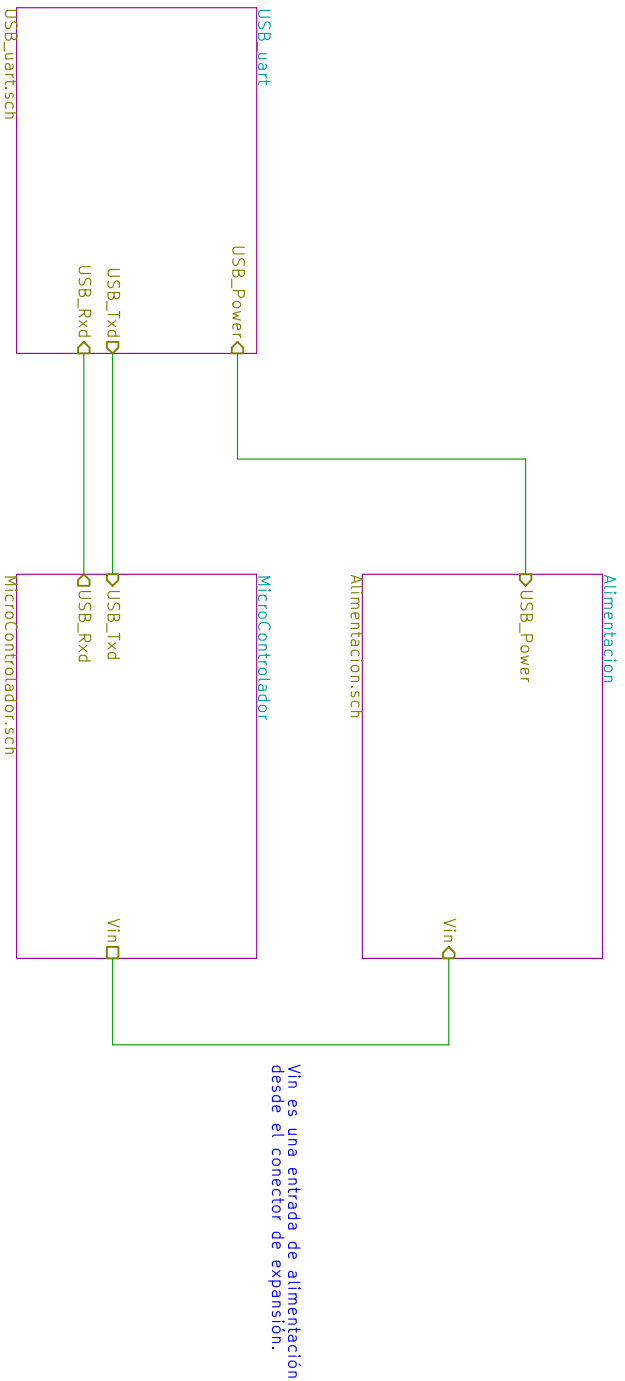
12.6 *adc.c*

```
/**
 * @file      adc.c
 *
 * @author    JosÃ© Daniel MuÃ±oz FrÃas
 *
 * @version   1.0.1
 *
 * @date      08/09/2015
 *
 * @brief     MÃ³dulo encargado de gestionar el conversor AD del
microcontrolador
 */

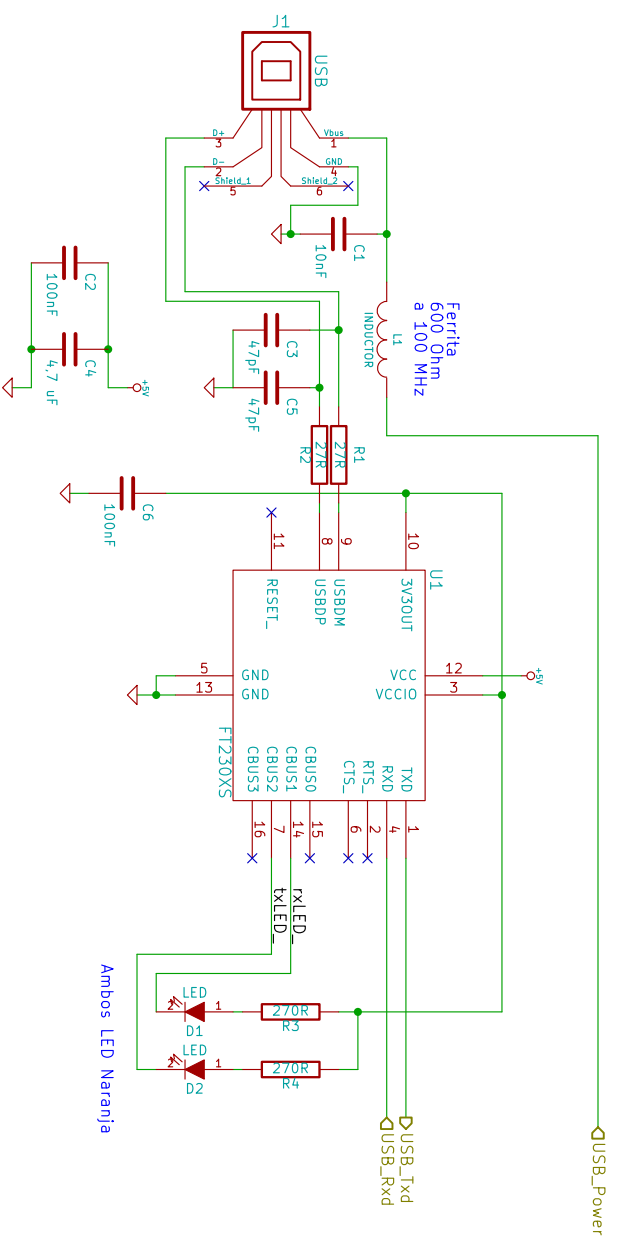
#include <p33FJ32MC202.h>
#include "adc.h"
// -----
#define NUM_PINES_AD 6 // NÃºmero de pines A/D
// -----
// ----- VARIABLES GLOBALES AL MÃ³DULO -----
// -----
static unsigned int medida_adc[] = {0, 0, 0,
0, 0, 0};
static unsigned char pin_configurado[] = {0, 0, 0,
0, 0, 0};
static unsigned char pin_ad = 0;
// -----
// ----- PROTOTIPOS DE LAS FUNCIONES PRIVADAS -----
// -----
/**
 * Rutina de interrupciÃ³n del conversor A/D.
 *
 * DeclaraciÃ³n opcional. Se incluye con p33FJ32MC202.h
 */
void __attribute__((interrupt, no_auto_psv))
_ADC1Interrupt(void);
// -----
// ----- FUNCIONES PÃUBLICAS -----
// -----
void configurarPinADC(unsigned char pin_analogico) {
// Comprobar que el argumento es vÃ¡lido
if (pin_analogico >= NUM_PINES_AD)
return;
// Configurar como entrada
if (pin_analogico <= 1)
TRISA |= 1 << pin_analogico;
else
TRISB |= 1 << (pin_analogico - 2);
AD1PCFGL &= ~(1 << pin_analogico); // Pin analÃ³gico
```

```
pin_configurado[pin_analogico] = 1;
}
void inicializarADC(void) {
    AD1CON3 = 0x0105; // Muestreo: 1 ciclo, ADCS = 5
    IFS0bits.AD1IF = 0; // Borrar la bandera
    IEC0bits.AD1IE = 1; // Habilitar interrupciones
    IPC3bits.AD1IP = 4; // Prioridad interrupciones
    AD1CON1 = 0x80E0; // ON, conversión automática
    // Seleccionar el primer pin analógico configurado
    unsigned char i = 0;
    for (i = 0; i < NUM_PINES_AD; i++) {
        if (pin_configurado[i] == 1) {
            pin_ad = i;
            break;
        }
    }
    AD1CHS0 = pin_ad;
    AD1CON1 |= 1 << 1; // Empezar a muestrear
}
// -----
unsigned int getMedidaADC(unsigned char pin_analogico) {
    if (pin_analogico >= NUM_PINES_AD)
        return 0;
    else
        return medida_adc[pin_analogico];
}
// -----
// ----- FUNCIONES PRIVADAS -----
// -----
void __attribute__((interrupt, no_auto_psv))
    _ADC1Interrupt(void) {
    IFS0bits.AD1IF = 0; // Borrar la bandera
    medida_adc[pin_ad] = ADC1BUF0; // Guardar la medida
    // Buscar el siguiente A/D que se debe muestrear
    // ;ATENCIÓN! Bloquea el programa si no hay ningún
    // pin analógico configurado
    do {
        pin_ad++;
        if (pin_ad >= NUM_PINES_AD)
            pin_ad = 0;
    } while (pin_configurado[pin_ad] == 0);
    AD1CHS0 = pin_ad; // Seleccionar el nuevo pin AD
    AD1CON1 |= 1 << 1; // Empezar a muestrear
}
```

13. ANEXO III. HOJAS DE DATOS



File: PicTrainers.sch		
Sheet: /		
Title:		
Size: A4	Date: 31 aug 2015	Rev:
KICad E.D.A.		Id: 1/4

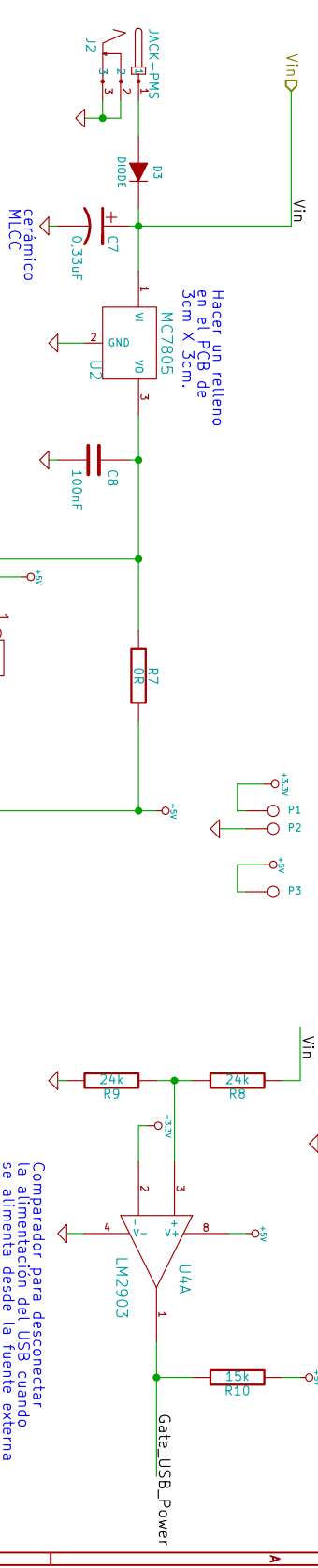


File: USB_uart.sch	
Sheet: /USB_uart/	
Title:	
Size: A4	Date: 31 aug 2015
KICad E.D.A.	
Rev: 2/4	

Pin 1 del conector de expansión (alimentaciones)

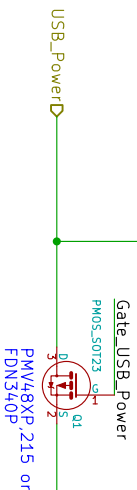
Puntas de prueba para osciloscopio

Condensador de desacoplo.
Ha de estar lo más cerca posible de las patillas de alimentación.
Ha de ser cerámicos X7R.



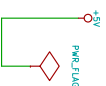
Si se usa el puente K1, no instalar el transistor P-Mos Q1 ni las resistencias R7, R8, R9 y R10.

Ojo. En el PCB poner una zona de cobre de 0,1 in² para disipar mejor el calor.



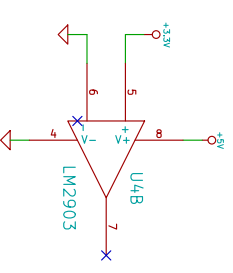
Ambos condensadores cerámicos (X7R)
Por ejemplo TDK FK18X7R1C105K

+5 V OK
+3,3 V OK
Ambos LEDs de color verde.



En lugar del 7805 se puede usar un LDO NCP1117D150G (es además más barato) OJO. No son compatibles pin a pin.
Por otro lado, el MCP1700 se puede sustituir por NCP1117S133136, que es más barato y aguenta más corriente.
En ambos casos el NCP1117 tiene el inconveniente de una lúescent mayor, sobre todo que el MCP1700.

No usado. Se pone la salida a 1 para que se quede el colector abierto.



File: Alimentacion.sch
Sheet: /Alimentacion/

Title:

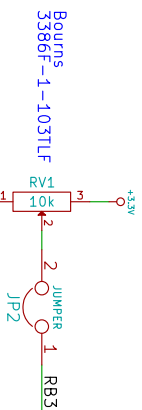
Size: A4

Date: 31 aug 2015

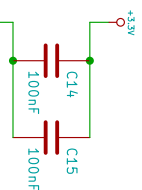
KiCad E.D.A.

Rev:

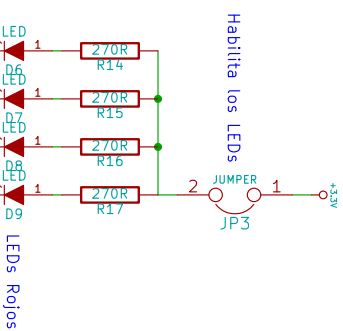
Id: 3/4



Nota: El reset que proviene del conector de expansión IO, se ha conectado aquí, pues en la tarjeta ShieldComm hay un supervisor de reset con salida Push+Pull que puede dar problemas si se pulsa este reset o interfiere con el programador.



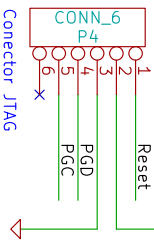
Condensadores de desacoplo. Han de estar lo más cerca posible de las patillas de alimentación.



Tx "Visto" desde el micro

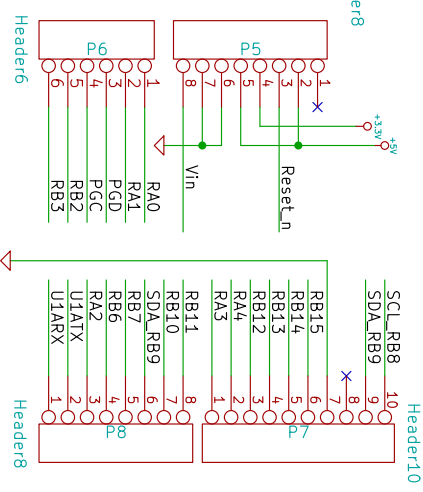


Selección puerto serie:
1-2: USB
2-3: Conector Arduino



Conectores Arduino

Se ha intentado mantener la compatibilidad lo más posible. Para ello se han conectado los dos pines de la UART a las entradas digitales 0 y 1 y para poder tener el SPI disponible se han puesto los pines 3 y 4 del conector P7, que es donde está el SPI del Arduino. Se han conectado así para poder tener capacidad PWM en los mismos pines que Arduino Uno, excepto en el pin 9 (2 del P7).



File: MicroControlador.sch	
Sheet: /MicroControlador/	
Title:	
Size: A4	Date: 31 aug 2015
KICad E.D.A.	
Rev:	
Id: 4/4	

16-bit Digital Signal Controllers (up to 32 KB Flash and 2 KB SRAM) with Motor Control and Advanced Analog

Operating Conditions

- 3.0V to 3.6V, -40°C to +150°C, DC to 20 MIPS
- 3.0V to 3.6V, -40°C to +125°C, DC to 40 MIPS

Core: 16-bit dsPIC33F CPU

- Code-efficient (C and Assembly) architecture
- Two 40-bit wide accumulators
- Single-cycle (MAC/MPY) with dual data fetch
- Single-cycle mixed-sign MUL plus hardware divide

Clock Management

- 2% internal oscillator
- Programmable PLLs and oscillator clock sources
- Fail-Safe Clock Monitor (FSCM)
- Independent Watchdog Timer (WDT)
- Fast wake-up and start-up

Power Management

- Low-power management modes (Sleep, Idle, Doze)
- Integrated Power-on Reset and Brown-out Reset
- 1.35 mA/MHz dynamic current (typical)
- 55 μ A IPD current (typical)

High-Speed PWM

- Up to four PWM pairs with independent timing
- Dead time for rising and falling edges
- 12.5 ns PWM resolution
- PWM support for:
 - DC/DC, AC/DC, Inverters, PFC, Lighting
 - BLDC, PMSM, ACIM, SRM
- Programmable Fault inputs
- Flexible trigger configurations for ADC conversions

Advanced Analog Features

- ADC module:
 - Configurable as 10-bit, 1.1 Msps with four S&H or 12-bit, 500 ksps with one S&H

- Six analog inputs on 28-pin devices and up to nine analog inputs on 44-pin devices
- Flexible and independent ADC trigger sources

Timers/Output Compare/Input Capture

- Three 16-bit timers/counters. Can pair up two to make one 32-bit.
- Two Output Capture modules configurable as timers/counters
- Four Input Capture modules
- Peripheral Pin Select (PPS) to allow function remap

Communication Interfaces

- One UART module (10 Mbps)
- With support for LIN 2.0 protocols and IrDA[®]
- One 4-wire SPI module (15 Mbps)
- One I²C[™] module (up to 1 Mbaud) with SMBus support
- PPS to allow function remap

Input/Output

- Sink/Source up to 10 mA (pin specific) for standard VOH/VOL, up to 16 mA (pin specific) for non-standard VOH1
- 5V-tolerant pins
- Selectable open drain, pull-ups, and pull-downs
- Up to 5 mA overvoltage clamp current
- External interrupts on all I/O pins

Qualification and Class B Support

- AEC-Q100 REVG (Grade 0 -40°C to +150°C)
- Class B Safety Library, IEC 60730

Debugger Development Support

- In-circuit and in-application programming
- Two program and two complex data breakpoints
- IEEE 1149.2-compatible (JTAG) boundary scan
- Trace and run-time watch

Packages

Type	SPDIP	SOIC	SSOP	QFN-S	QFN	TQFP
Pin Count	28	28	28	28	44	44
Contact Lead/Pitch	.100"	1.27	0.65	0.65	0.65	0.80
I/O Pins	21	21	21	21	35	35
Dimensions	1.365x.285x.135"	17.9x7.50x2.05	10.2x5.3x1.75	6x6x0.9	8x8x0.9	10x10x1

Note: All dimensions are in millimeters (mm) unless specified.

dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304 Product Families

The device names, pin counts, memory sizes and peripheral availability of each device are listed below. The following pages show their pinout diagrams.

TABLE 1: dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304 CONTROLLER FAMILIES

Device	Pins	Program Flash Memory (Kbyte)	RAM (Kbyte)	Remappable Peripherals									10-Bit/12-Bit ADC	I ² C™	I/O Pins	Packages
				Remappable Pins	16-bit Timer	Input Capture	Output Compare Standard PWM	Motor Control PWM	Quadrature Encoder Interface	UART	External Interrupts ⁽³⁾	SPI				
dsPIC33FJ32MC202	28	32	2	16	3 ⁽¹⁾	4	2	6ch ⁽²⁾ 2ch ⁽²⁾	1	1	3	1	1ADC, 6 ch	1	21	SPDIP SOIC SSOP QFN-S
dsPIC33FJ32MC204	44	32	2	26	3 ⁽¹⁾	4	2	6ch ⁽²⁾ 2ch ⁽²⁾	1	1	3	1	1ADC, 9 ch	1	35	QFN TQFP
dsPIC33FJ16MC304	44	16	2	26	3 ⁽¹⁾	4	2	6ch ⁽²⁾ 2ch ⁽²⁾	1	1	3	1	1ADC, 9 ch	1	35	QFN TQFP

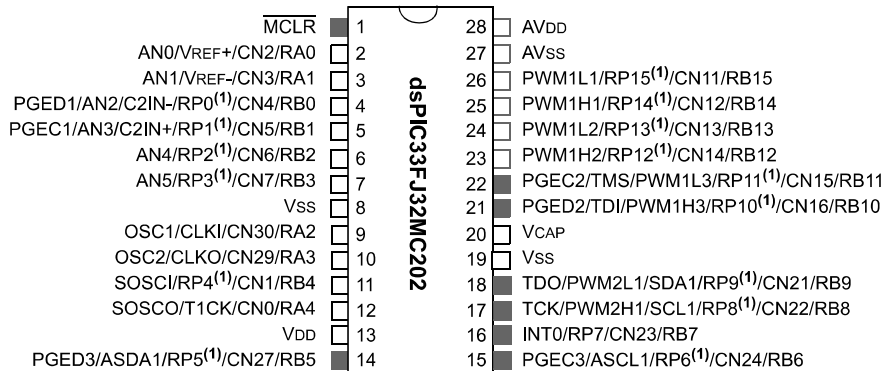
- Note 1:** Only two out of three timers are remappable.
Note 2: Only PWM fault inputs are remappable.
Note 3: Only two out of three interrupts are remappable.

dsPIC33FJ32MC202/204 and dsPIC33FJ16MC304

Pin Diagrams

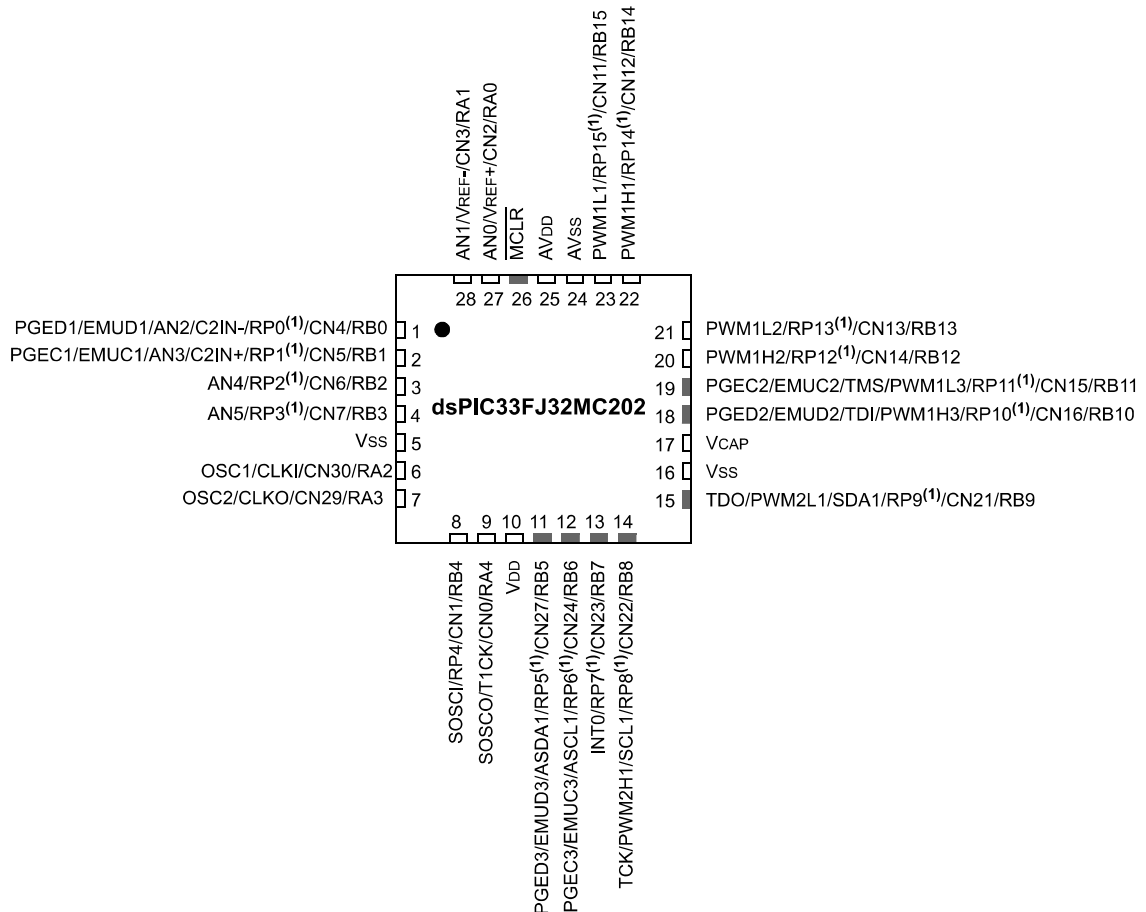
28-PIN SPDIP, SOIC, SSOP

■ = Pins are up to 5V tolerant



28-Pin QFN-S⁽²⁾

■ = Pins are up to 5V tolerant



Note 1: The RPN pins can be used by any remappable peripheral. See [Table 1](#) for the list of available peripherals.

2: The metal plane at the bottom of the device is not connected to any pins and is recommended to be connected to VSS externally.

BD135 / 137 / 139

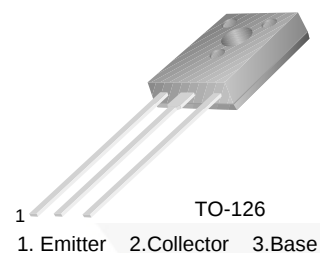
NPN Epitaxial Silicon Transistor

Features

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively

Applications

- Medium Power Linear and Switching



Ordering Information

Part Number	Marking	Package	Packing Method
BD13516S	BD135-16	TO-126 3L	Bulk
BD1356STU	BD135-6		Rail
BD13510STU	BD135-10		
BD13516STU	BD135-16		
BD13716STU	BD137-16		
BD13710STU	BD137-10		Bulk
BD13716S	BD137-16		Rail
BD13916STU	BD139-16		Bulk
BD13910S	BD139-10		Rail
BD13916S	BD139-16		
BD1396STU	BD139-6		
BD13910STU	BD139-10		

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	BD135	45	V
		BD137	60	
		BD139	80	
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	BD135	45	V
		BD137	60	
		BD139	80	
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage		5	V
I_C	Collector Current (DC)		1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)		3.0	A
I_B	Base Current		0.5	A
P_C	Device Dissipation	$T_C = 25^\circ\text{C}$	12.5	W
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.25	W
T_J	Junction Temperature		150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature		- 55 to +150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CEO(SUS)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	BD135	$I_C = 30\text{ mA}, I_B = 0$	45			V
		BD137		60			
		BD139		80			
I_{CBO}	Collector Cut-off Current		$V_{CB} = 30\text{ V}, I_E = 0$			0.1	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current		$V_{EB} = 5\text{ V}, I_C = 0$			10	μA
h_{FE1}	DC Current Gain		$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 5\text{ mA}$	25			
h_{FE2}			$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 0.5\text{ A}$	25			
h_{FE3}			$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 150\text{ mA}$	40		250	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage		$I_C = 500\text{ mA}, I_B = 50\text{ mA}$			0.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage		$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 0.5\text{ A}$			1	V

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

Typical Performance Characteristics

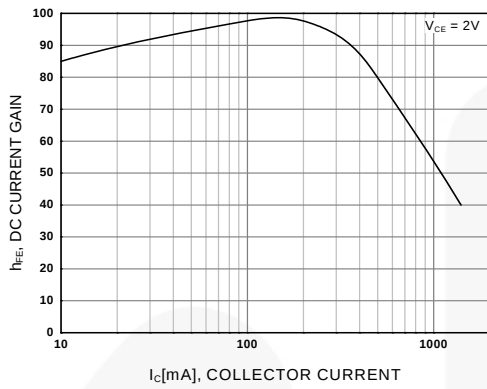


Figure 1. DC current Gain

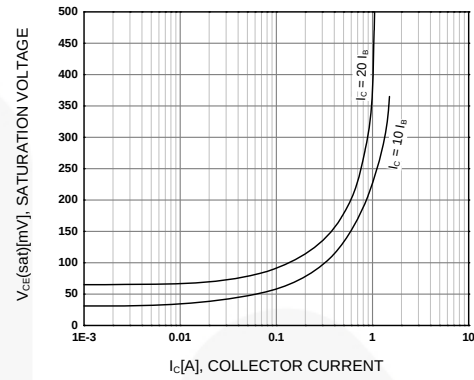


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

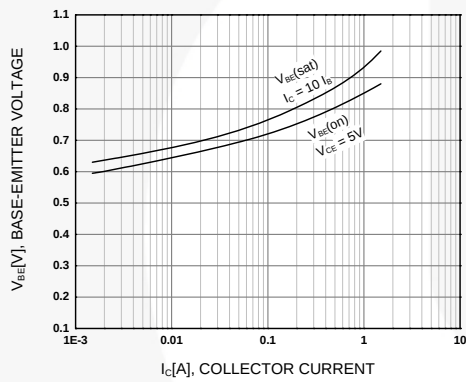


Figure 3. Base-Emitter Voltage

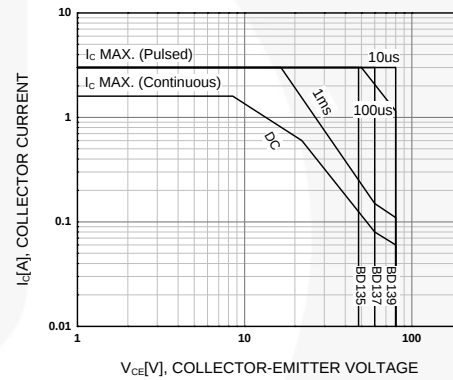


Figure 4. Safe Operating Area

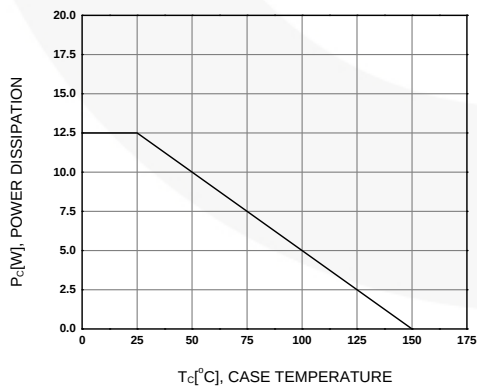
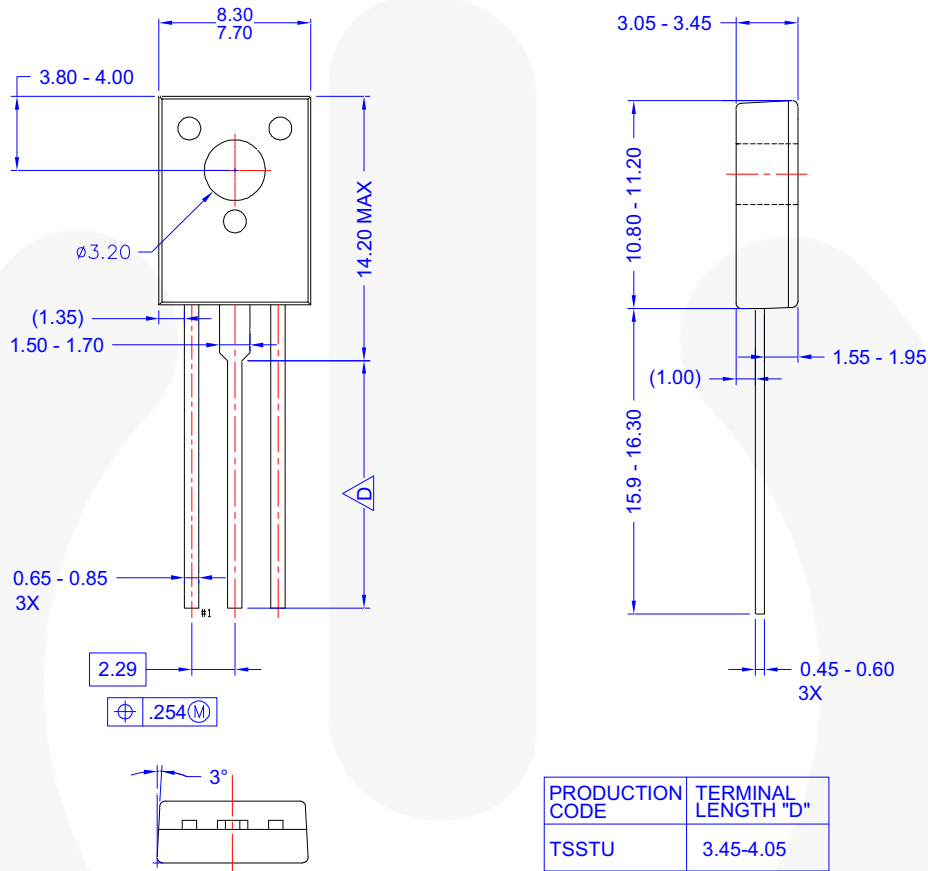


Figure 5. Power Derating

Physical Dimensions

TO-126 3L



NOTES:

- THIS PACKAGE DOES NOT COMPLY TO ANY CURRENT PACKAGING STANDARD.
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH, AND TIE BAR EXTRUSIONS.
- FOR TERMINAL LENGTH SEE TABLE
- DRAWING FILE NAME AND REVISION : MKT-TO126AArev1

Figure 6. TO-126 (SOT-32) UNIFIED DRAWING (TSTU, TSSTU, STANDARD)

Package drawings are provided as a service to customers considering Fairchild components. Drawings may change in any manner without notice. Please note the revision and/or date on the drawing and contact a Fairchild Semiconductor representative to verify or obtain the most recent revision. Package specifications do not expand the terms of Fairchild's worldwide terms and conditions, specifically the warranty therein, which covers Fairchild products.

Always visit Fairchild Semiconductor's online packaging area for the most recent package drawings:

<http://www.fairchildsemi.com/dwg/TO/TO126AA.pdf>.

For current tape and reel specifications, visit Fairchild Semiconductor's online packaging area:

http://www.fairchildsemi.com/packaging_dwg/PKG-TO126AA_BK.pdf.

TRADEMARKS

The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

2Cool™	FPS™		Sync-Lock™
AccuPower™	F-PFS™		 SYSTEM GENERAL®
AX-CAP®*	FRFET®	PowerTrench®	TinyBoost®
BitSiC™	Global Power Resource™	PowerXS™	TinyBuck®
Build it Now™	GreenBridge™	Programmable Active Droop™	TinyCalc™
CorePLUS™	Green FPS™	QFET®	TinyLogic®
CorePOWER™	Green FPS™ e-Series™	QS™	TINYOPTO™
CROSSVOLT™	Gmax™	Quiet Series™	TinyPower™
CTL™	GTO™	RapidConfigure™	TinyPWM™
Current Transfer Logic™	IntelliMAX™	 ™	TinyWire™
DEUXPEED®	ISOPLANAR™	Saving our world, 1mW/W/kW at a time™	TranSiC™
Dual Cool™	Making Small Speakers Sound Louder and Better™	SignalWise™	TriFault Detect™
EcoSPARK®	MegaBuck™	SmartMax™	TRUECURRENT®*
EfficientMax™	MICROCOUPLER™	SMART START™	µSerDes™
ESBC™	MicroFET™	Solutions for Your Success™	 SerDes™
 ™	MicroPak™	SPM®	UHC®
Fairchild®	MicroPak2™	STEALTH™	Ultra FRFET™
Fairchild Semiconductor®	MillerDrive™	SuperFET®	UniFET™
FACT Quiet Series™	MotionMax™	SuperSOT™-3	VCX™
FACT®	mWSaver®	SuperSOT™-6	VisualMax™
FAST®	OptoHiT™	SuperSOT™-8	VoltagePlus™
FastvCore™	OPTOLOGIC®	SupreMOS®	XS™
FETBench™	OPTOPLANAR®	SyncFET™	

* Trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ANTI-COUNTERFEITING POLICY

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, www.fairchildsemi.com, under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

Rev. I65



DOG2 MEMS SERIES VOLTAGE INCLINOMETER

SPECIFICATIONS

- ◆ Dual axis inclinometer
- ◆ Measurement ranges $\pm 25^\circ$, $\pm 45^\circ$ and $\pm 90^\circ$
- ◆ Voltage output

FEATURES

- ◆ 8 to 30 VDC supply voltage
- ◆ Digital signal processing includes
 - filter (e.g. vibration damping)
 - temperature compensation
- ◆ 12 bit resolution
- ◆ 100 Hz refresh rate
- ◆ -40°C to 85°C temperature range
- ◆ Accuracy typically
 - 0.5° | -40°C to 85°C
 - 0.15° | 25°C

APPLICATIONS

- ◆ Mobile and stationary cranes
- ◆ Lift platforms
- ◆ Building control
- ◆ Weighing systems
- ◆ Truck chassis leveling
- ◆ Vehicle applications
- ◆ Road construction machines

The **DOG2 MEMS-Series inclinometer** dual axis is mainly developed with focus on platform leveling, dynamic engine management, tip-over protection and tilt alarm.

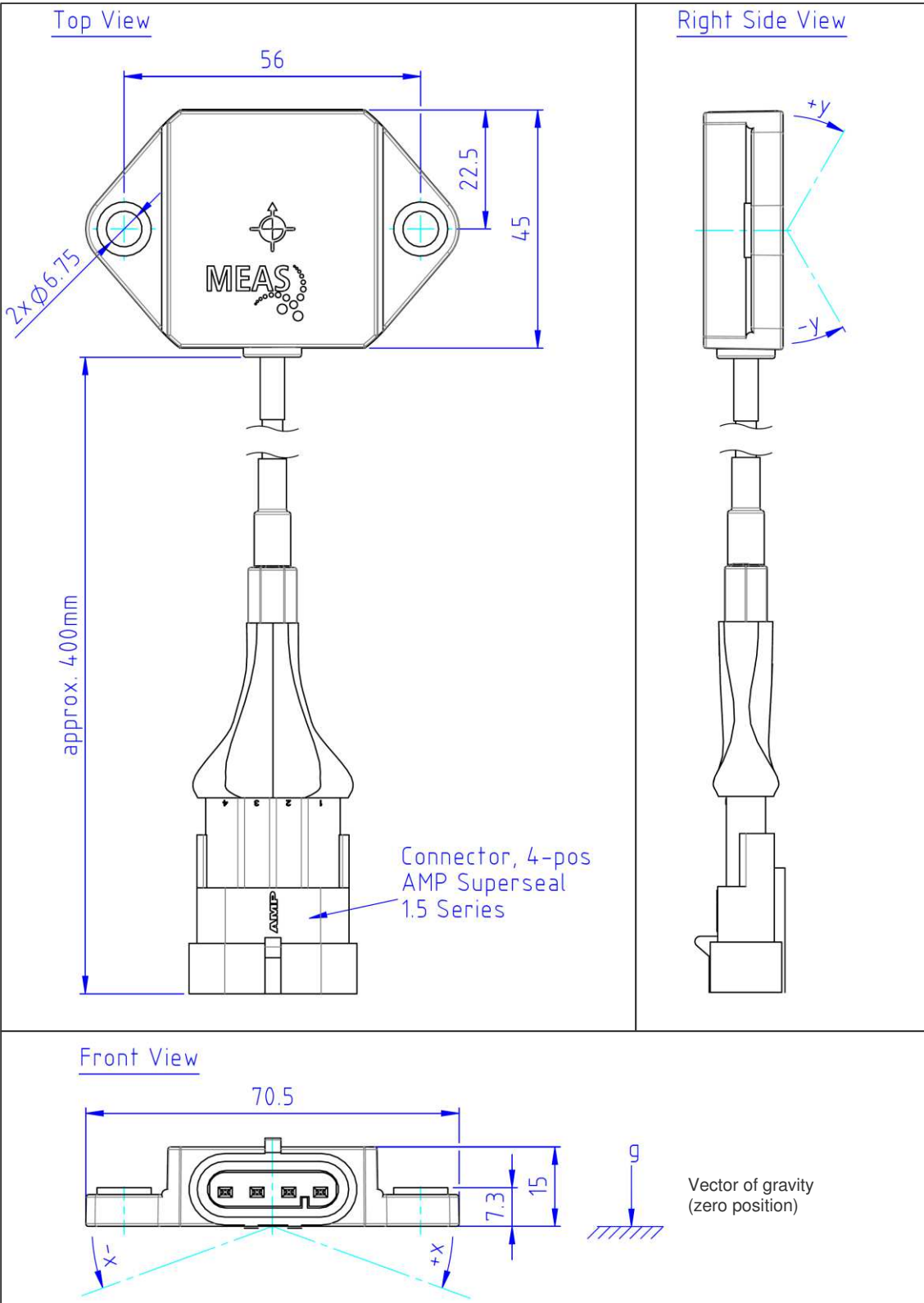
A fast response time and good accuracy makes this device the ideal choice for mobile leveling applications. It features digital signal processing including temperature compensation.

The integrated filter improves performance and allows using the sensor in many noisy environments (e.g. vibrations).

The inclinometer includes a powerful digital signal processing that offers various filter algorithms and allows customer specific OEM solutions. It is possible to adjust the sensor to different environments yielding an optimized performance. Customization can also be made in terms of angular range and connectivity, i.e. cable and connector.

The PA6.6 housing is very compact in size and has compression limiter bushings for safe installation of the sensor. It is compatible with oil, grease and fuel also. Therefore it is frequently used for engine and vehicle applications.

Dimensions [mm]

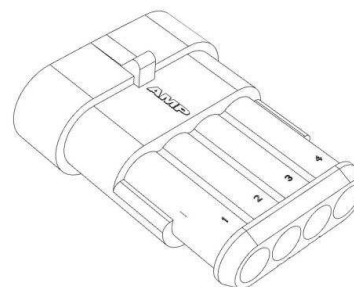


PARAMETERS

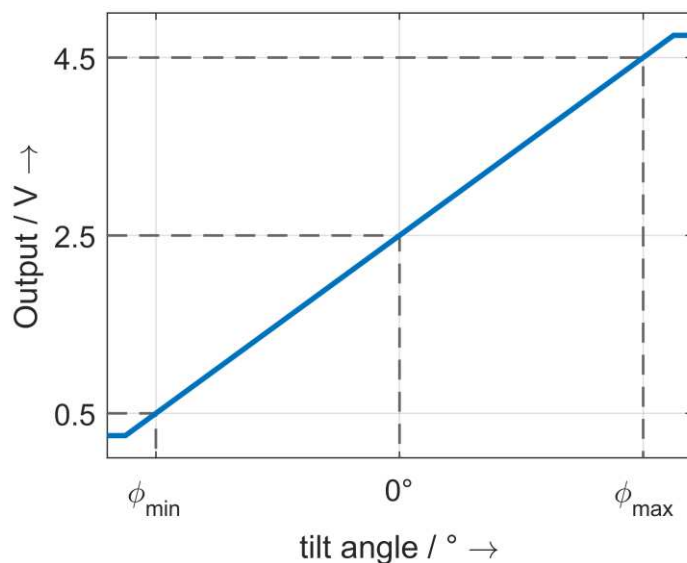
Parameter	Value	Comment
Range	$\pm 25^\circ$, $\pm 45^\circ$ or $\pm 90^\circ$	Dual axis sensor
Accuracy, typ.	0.5°	$T = -40^\circ\text{C}$ to 85°C
Accuracy, typ.	0.15°	$T = 25^\circ\text{C}$
Resolution	12 bit	
Refresh rate	100 Hz	Internal processing
Startup time	<1 s	Valid output signal
Supply/excitation voltage	8 to 30 V	Direct current (DC) stabilized
Supply current, typ.	15 mA	No load
Output	0.5 to 4.5 V	-25° to 25° , -45° to 45° or -90° to 90°
Connector	AMP Superseal 1.5-Series, 4-pos. cap housing, TE Connectivity part-no. 282106-1	Requires 4-pos. plug housing, AMP Superseal 1.5-Series at connecting harness, TE Connectivity part-no. 282088-1
Cable	4 wire 0.25 mm ² , outer diameter Ø3.9 mm	PUR, length incl. connector 400 mm, full temperature range, flexible
Operation temperature range	-40°C to 85°C	
Storage temperature range	-40°C to 85°C	
Weight, typ.	60 g	
Dimensions	70.5 mm x 45 mm x 15 mm	W x D x H

CONNECTOR PINNING

Pin	Function	Description
1	V _{CC}	8 to 30 VDC supply input (+)
2	GND	GND
3	Output X	0.5 to 4.5 V, X axis output
4	Output Y	0.5 to 4.5 V, Y axis output



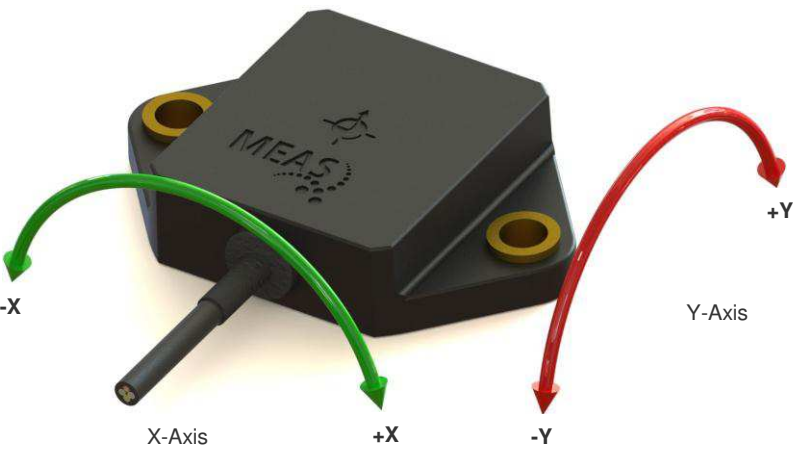
TRANSFER CHARACTERISTIC



Part-No.	$\phi_{\min}$	$\phi_{\max}$
G-NSDOG2-001	-25°	25°
G-NSDOG2-002	-45°	45°
G-NSDOG2-003	-90°	90°

Linear transfer characteristic between $\phi_{\min}$ and $\phi_{\max}$

FUNCTION VIEW



This DOG2 MEMS series voltage inclinometer is designed for floor mount application.

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	NAME	DESCRIPTION
G-NSDOG2-001	25DOG2 MEMS SERIES VOLTAGE	Dual axis inclinometer, floor mount, range $\pm 25^\circ$, supply 8 to 30 VDC, output voltage 0.5 to 4.5 V
G-NSDOG2-002	45DOG2 MEMS SERIES VOLTAGE	Dual axis inclinometer, floor mount, range $\pm 45^\circ$, supply 8 to 30 VDC, output voltage 0.5 to 4.5 V
G-NSDOG2-003	45DOG2 MEMS SERIES VOLTAGE	Dual axis inclinometer, floor mount, range $\pm 90^\circ$, supply 8 to 30 VDC, output voltage 0.5 to 4.5 V

For other orientations, measurement ranges or supply voltages please contact TE Connectivity sales representatives.

NORTH AMERICA

Measurement Specialties, Inc.,
a TE Connectivity Company
Phone: 800-522-6752
Email: customercare.hmpt@te.com

EUROPE

MEAS Deutschland GmbH (Europe)
a TE Connectivity Company
Phone: 800-440-5100
Email: customercare.tlse@te.com

ASIA

Measurement Specialties (China), Ltd.,
a TE Connectivity Company
Phone: 0400-820-6015
Email: customercare.shzn@te.com

TE.com/sensorsolutions

Measurement Specialties, Inc., a TE Connectivity company.

Measurement Specialties, TE Connectivity, TE Connectivity (logo) and EVERY CONNECTION COUNTS are trademarks. All other logos, products and/or company names referred to herein might be trademarks of their respective owners.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, TE Connectivity makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. TE Connectivity's obligations shall only be as set forth in TE Connectivity's Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will TE Connectivity be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of TE Connectivity products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

© 2015 TE Connectivity Ltd. family of companies All Rights Reserved.

INFORMACIÓN TÉCNICA

FUNCIÓN:

Los sensores ABS (*Antilock Braking System*) o Sensores Revoluciones de la Rueda, van ubicados en el buje de las ruedas y detectan la velocidad de giro de cada una de ellas, transfiriendo esta información a la unidad de control del sistema ABS. Si la unidad de control del sistema ABS detecta que hay un descenso importante de velocidad en una o varias ruedas, lo que podría provocar que se bloquearan, interviene rápidamente modulando la presión de frenado de cada rueda individualmente. De este modo se evita que las ruedas se bloqueen y garantizan un frenado seguro, permitiendo al conductor mantener el control del vehículo. No sólo el sistema ABS utiliza la información que sus sensores le proporcionan si no que otros sistemas, como las cajas de cambios, los sistemas de navegación, GPS, el sistema TCS, ASR (Sistemas de Control de la Tracción), los sistemas de control de chasis, el sistema ESP (Programa Electrónico de Estabilidad) o el control de ascenso de pendientes, también la usan.

Dado el desarrollo constante de estos sensores, en la actualidad podemos encontrar diferentes diseños dependiendo de las necesidades de precisión, tamaño y resistencia.

FAE desglosa estos sensores en 2 grandes grupos:

Sensores ABS pasivos. Para ruedas dentadas.

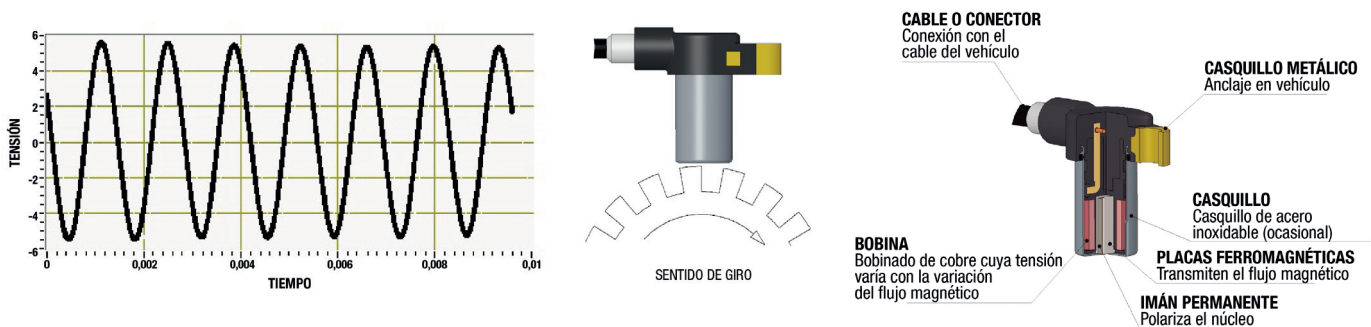
- ABS inductivos.

Sensores ABS activos. Para ruedas con codificador magnético/ruedas dentadas.

- ABS Hall.
- ABS Hall con anillo codificador magnético.
- ABS Magnetoresistivo.

Sensores ABS pasivos. Para ruedas dentadas (INDUCTIVOS).

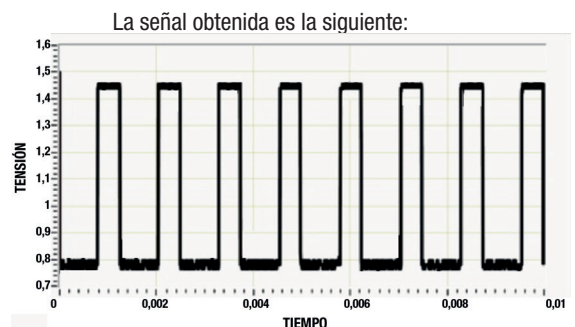
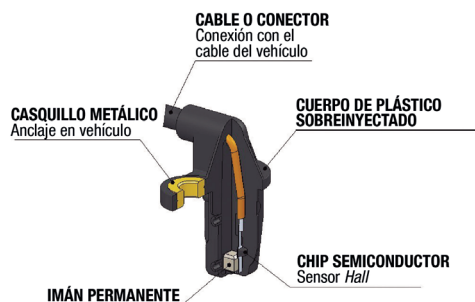
Los sensores ABS pasivos suelen ser más grandes, y no empiezan a funcionar hasta que la rueda no alcanza una velocidad rotacional mínima determinada. Se componen de una bobina que rodea un núcleo magnético y un imán permanente. El flujo magnético que se produce entre los dientes y los valles de la rueda, inducen una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de las variaciones que detecta el sensor. La tensión varía en función de la velocidad de rotación y la distancia a la rueda dentada (Gap) tanto en frecuencia como en amplitud. Esas variaciones hacen que la señal que obtengamos sea la siguiente:



Sensores ABS activos. Para ruedas con codificador magnéticas/dentadas.

Los sensores ABS activos reciben este nombre porque precisan un aporte externo de energía para empezar a funcionar.

La respuesta que obtenemos del sensor es una señal cuadrada cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro de la rueda. La amplitud de la señal no depende de la velocidad y además debido a la tecnología de detección es posible la lectura de la misma desde los 0 km/h.



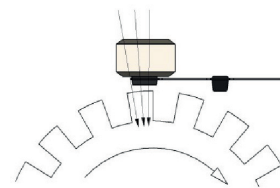


INFORMACIÓN TÉCNICA

ABS Hall

Estos sensores son muy precisos y deben instalarse con mucha exactitud. Se compone de un sensor semiconductor, acoplado a un circuito electrónico que protege el sensor de posibles picos de tensión y un imán permanente.

El principio de funcionamiento se basa en el llamado efecto *Hall*, que consiste en la generación de un voltaje transversal (tensión *Hall*) al sentido de la corriente en un conductor, cuando en él se le aplica perpendicularmente la acción de un campo magnético.



SENTIDO DE GIRO

ABS Hall con anillo codificador magnético

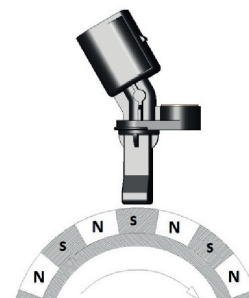
Comparte el principio de la rueda dentada; sin embargo la variación del campo magnético se produce debido al cambio de polaridad de una rueda imantada por secciones (disco codificador). No lleva imán permanente por lo que se consigue reducir el tamaño del sensor. Se puede ahorrar más espacio integrando el anillo magnético dentro del cojinete de la rueda.



SENTIDO DE GIRO

ABS Magnetoresistivo

Los sensores magnetoresistivos son prácticamente insensibles a su posición, lo que permite que se puedan colocar a distancias relativamente grandes del disco codificador y aun así transmitir una señal fiable. Estos sensores permiten detectar una señal muy precisa. El sensor se monta encima del codificador magnético y varía sus propiedades resistivas en función del campo magnético que se le presenta. Debido a la variación de la resistencia interna de este sensor se pueden determinar la velocidad y el sentido de la rotación.



SENTIDO DE GIRO

ASPECTOS VISUALES Y CAUSAS DE FALLO EN LOS SENSORES.

Debe verificarse el cuerpo exterior, el conector y los cables, así como sus pasa-muros, asegurándose de su buen estado.

Compruebe también si el captador muestra alguna grieta, abolladura o golpe que pudiera haberlo dañado. Hay que tener en cuenta que, como norma general, una inspección visual no es suficiente para poder asegurar el buen o mal funcionamiento de la pieza, pero ayuda a hacer un primer diagnóstico.

1- Grietas o roturas. Tensiones provocadas por estrés mecánico.

2- Deformaciones y abolladuras. Sobre calentamiento del sensor.

3- Sin señal. Rotura del cable por fricción o exceso de vibración, cortocircuitos, roturas internas del sensor por estrés mecánico o térmico.

SÍNTOMAS DE FALLO DE LOS SENSORES.

- Encendido testigo de la luz ABS.

- Bloqueo de ruedas en frenadas normales (sólo en coches con repartidor de frenada electrónico).

MANTENIMIENTO DE LOS SENSORES.

Los sensores de revoluciones de la rueda son los componentes sometidos a las mayores cargas dentro del sistema de regulación del freno.

Evitan que las ruedas patinen y se encargan de proporcionar un comportamiento en carretera estable del automóvil.

Revisar en cada mantenimiento o cada 25.000 km los valores específicos de los sensores.

Reemplazar cuando las comprobaciones de funcionamiento no estén dentro de los valores límite especificados.

WHEEL SPEED SENSORS INSTRUCTIONS - ABS

FAE products have the technology to replace and adapt to original equivalents. For reasons of safety, and so as to achieve optimal performance, all maintenance and repair work must be performed only by trained personnel in accordance with the vehicle manufacturer's guidelines and the assembly instructions for the **FAE** and/or original part. **FAE** will accept no liability for any installation by untrained personnel leading to a problem in the operation of the parts and/or the vehicle.

Assembly and disassembly of the sensors must comply with the vehicle manufacturer's guidelines. Take note of the vehicle manufacturers' safety data sheets.

DISASSEMBLY:

Depending on the vehicle model, **FAE** recommends a thorough cleaning of the ABS sensor location and the former socket, using a brake cleaner and never compressed air to remove braking dust. Any kind of dust breathed in would be harmful to health.

Active sensors can be damaged by electrostatic discharges. The electrical contacts must therefore never be touched when active sensors are being handled.

- Release the sensor attachment.
- Unplug the electrical connection. Never pull at the sensor conductors directly.
- Remove the old ABS sensor.
- Clean the connection and the location where the new ABS sensor will be fitted.

ASSEMBLY:

- Install the new ABS sensor and secure it in accordance with the vehicle manufacturer's guidelines.
- Join up the electrical connection cables.
- Fit all the bushings in their specific location. If any bushings are not installed in place, then the cable could rub against a rotating element, causing wear and tear and subsequent breakage. The cables should never be twisted during assembly.
- Replace the tightness seal every time a sensor is changed. The seals may not remain tight if they are used or worn.

If necessary, delete the error code displayed.

Check the anti-lock system again.

Test route.

The ABS control pilot should no longer light up.

INSTRUCCIONES SENSORES REVOLUCIONES RUEDA - ABS

Los productos **FAE** tienen la tecnología para reemplazar y adaptarse a los equivalentes de origen. Por razones de seguridad y para conseguir un rendimiento óptimo, todos los trabajos de mantenimiento y de reparación deben ser efectuados únicamente por personal con formación de acuerdo con las directivas del fabricante del vehículo, siguiendo las instrucciones de montaje de la pieza **FAE** y/o de origen. Cualquier montaje realizado por personal no formado que represente un problema en el funcionamiento de la pieza y/o del vehículo no será responsabilidad de **FAE**.

Para el montaje y desmontaje de los sensores se respetarán las directivas del fabricante del vehículo.

Prestar atención a las fichas de datos de seguridad de los fabricantes de vehículos.

DESMONTAJE:

Según el modelo del vehículo, **FAE** recomienda limpiar a fondo la ubicación del sensor ABS y el enchufe antiguo, utilizando un limpiador de frenos, no utilizar nunca aire comprimido para eliminar el polvo de freno. Cualquier clase de polvo que se respire es nocivo para la salud. Los sensores activos pueden ser dañados por descargas electrostáticas. Por ello no deben tocarse nunca los contactos eléctricos cuando se manipulen sensores activos.

- Soltar la fijación del sensor.
- Desenchufar la conexión eléctrica. Nunca deberá tirarse directamente de los conductores del sensor.
- Retirar el sensor ABS antiguo.
- Limpiar la conexión y el lugar de montaje del sensor ABS nuevo.

MONTAJE:

- Colocar el sensor ABS nuevo y fijarlo de acuerdo con las directivas del fabricante del vehículo.
- Unir los cables de la conexión de enchufe eléctrico.
- Montar todos los pasa-muros en su ubicación específica. Si algún pasa-muros no está colocado en su sitio, puede provocar el roce del cable con algún elemento de rotación que produciría el desgaste y posterior rotura del mismo. No deben retorcerse los cables durante el montaje.
- Sustituya la junta de estanqueidad cada vez que cambie un sensor. Las juntas pueden no realizar su función de hermeticidad si están usadas o desgastadas.

De ser necesario, borrar el código de error presente.

Volver a comprobar el sistema antibloqueo.

Recorrido de prueba.

Ya no se debería encender el piloto de control del ABS.

INSTRUCTIONS CAPTEUR DE VITESSE ROUE - ABS

Les produits **FAE** incorporent la technologie pour remplacer et s'adapter aux équivalents d'origine. Pour des raisons de sécurité et pour obtenir un rendement optimal, tous les travaux de maintenance et de réparation ne doivent être effectués que par un personnel possédant la formation appropriée en vertu des directives du fabricant du véhicule, en suivant les instructions de montage de la pièce **FAE** et/ou d'origine. **FAE** se dégage de toute responsabilité quant à tout montage réalisé par un personnel non formé qui représente un problème dans le fonctionnement de la pièce et/ou du véhicule.

Pour le montage et démontage des capteurs, il faudra respecter les directives du fabricant du véhicule.

Il faut faire particulièrement attention aux fiches de données de sécurité des fabricants de véhicules.

DÉMONTAGE:

Selon le modèle du véhicule, **FAE** recommande de nettoyer à fond l'emplacement du capteur ABS et l'ancienne prise, en utilisant un produit de nettoyage pour freins. Ne jamais utiliser de l'air comprimé pour éliminer la poussière de frein. Toute classe de poussière pouvant être respirée est nocive pour la santé.

Les capteurs actifs peuvent être endommagés par des décharges électrostatiques. C'est pourquoi il ne faut jamais toucher les contacts électriques en manipulant les capteurs actifs.

- Détacher la fixation du capteur.
- Débrancher la connexion électrique. Il ne faudra jamais tirer directement les conducteurs du capteur.
- Retirer l'ancien capteur ABS.
- Nettoyer la connexion et le lieu de montage du nouveau capteur ABS.

MONTAGE:

- Placer le nouveau capteur ABS et le fixer conformément aux directives du fabricant du véhicule.
- Unir les câbles de la connexion de la prise électrique.
- Monter tous les isolateurs de traversée à leur endroit spécifique. Si un isolateur de traversée n'est pas placé à son endroit, ce fait peut provoquer que le câble frotte contre un élément de rotation, ce qui produirait son usure et ultérieure rupture. Il ne faut pas tordre les câbles pendant le montage.
- Remplacer le joint d'étanchéité lors de chaque changement d'un capteur. Les joints peuvent ne pas réaliser leur fonction d'étanchéité s'ils sont usées ou en mauvais état.

Le cas échéant, effacer le code d'erreur présent.

Vérifier à nouveau le système antibloqueo.

Parcours d'essai.

Le voyant de contrôle de l'ABS ne devrait plus s'activer.

LINEAR POTENTIOMETER



Series LZW

Key-Features:

- Self-aligning rod end bearings
- Measurement ranges from 50 to 750 mm
- Linearity up to $\pm 0.05\%$
- Output: potentiometer or voltage output
- Voltage output teachable via Squeezer
- Protection class IP65 or IP67
- Operating temperature up to $-30...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Life cycle $>25 \times 10^6 \text{ m}$ or $>100 \times 10^6$ operations, whichever is less
- Simple apparatus according to EN 60079-11 standard

Content:

Technical Data	2
Technical Drawing	3
Electrical Connection	4
Accessories	4
Order Code	5

TECHNICAL DATA

		LZW-M	LZW-B	LZW-IP
Measurement range	[mm]	50 / 75 / 100 / 130 / 150 / 175 / 200 / 225 / 275 / 300 / 375 / 400 / 450 / 500 / 600 / 750		
Linearity	[%]	±0.05		
Repeatability	[mm]	0.01		
Displacement force	[N]	≤15		≤30
Displacement speed	[m/s]	≤5		≤3
Electrical isolation		>100 MΩ at 500 VDC, 1 bar, 2 s		
Dielectric strength		<100 μA at 500 VAC, 50 Hz, 1 bar, 2 s		
Protection class		IP65		IP67
Life cycle		>25 x 10 ⁶ m or >100 x 10 ⁶ operations (whichever is less)		
Connection		connector DIN43650, 4 pin	connector DIN45322, 5 pin	connector M12, 4 pin
Rod		stainless steel AISI 303		C45 steel, chromium plated 20 μm
Housing		anodised aluminium, Nylon 66 G 25		anodised aluminium
Mounting		2 self-aligning ball-joints		

ELECTRICAL DATA POTENTIOMETER OUTPUT

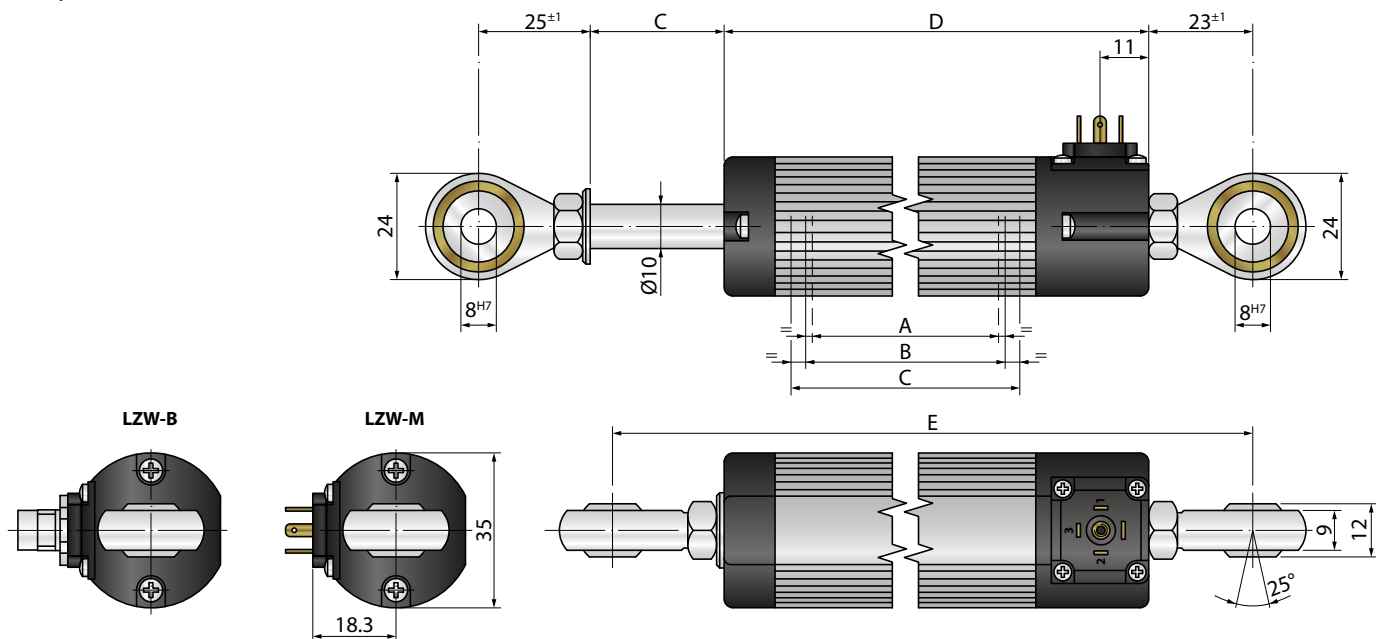
Resistance	[kΩ]	measurement ranges ≤600 mm: 5 measurement range 750 mm: 10
Tolerance on resistance	[%]	±20
Resolution		theoretical infinite, depends on the signal quality of the reference respectively supply voltage
Dissipation at 40 °C		3 W (0 W at 120 °C)
Applicable voltage max.	[V]	60
Recommended cursor current	[μA]	<0.1
Cursor current max.	[mA]	10
Operating temperature	[°C]	-30...+100
Storage temperature	[°C]	-50...+120
Temperature coefficient resistance	[ppm/°C]	±200
Temperature coefficient output voltage	[ppm/°C]	LZW-M/LZW-B: ≤1 LZW-IP: <5
Vibration resistance		5...2000 Hz, A _{max} = 0.75 mm, a _{max} = 20 g
Shock resistance		50 g, 11 ms

ELECTRICAL DATA ANALOG OUTPUT

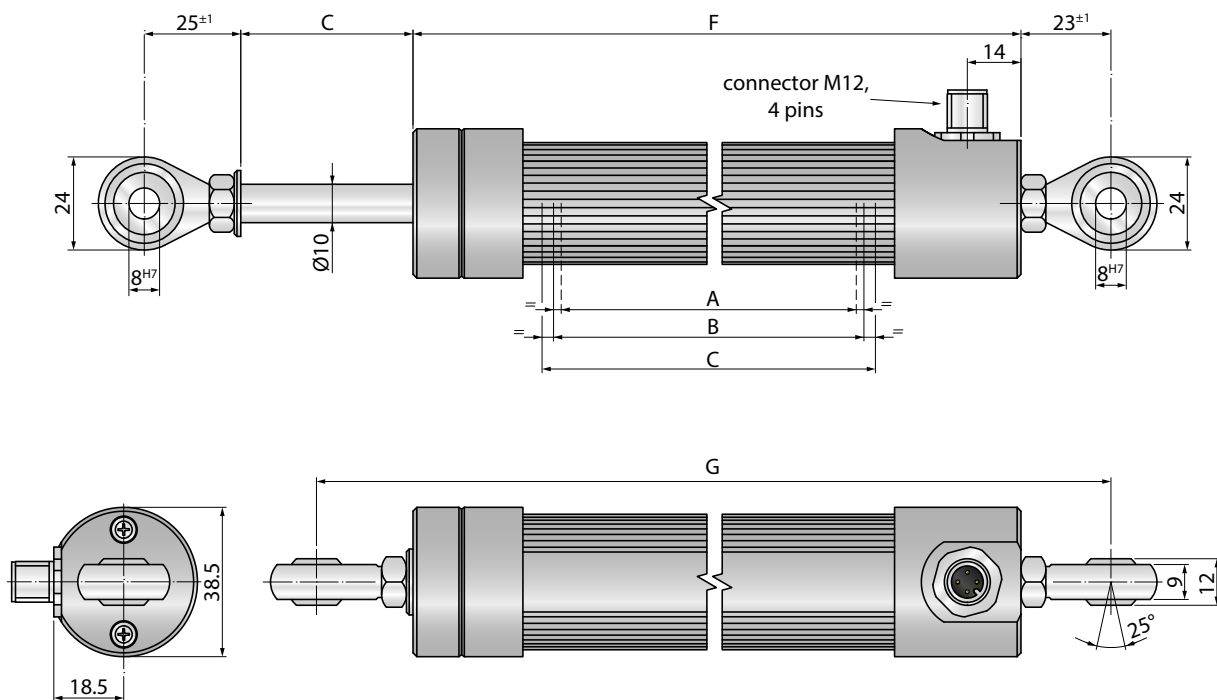
Output signal		0.5...4.5 V	0...10 V
Resolution	[mV]	1	
Supply	[VDC]	8...35	
Power consumption max.	[W]	0.15	
Output current max.	[mA]	10	
Load resistance min.	[kΩ]	1	
Dynamic	[ms]	1	
Inverse-circuit proof		yes	
Short-circuit proof		yes	
Operating temperature	[°C]	-40...+85	
Storage temperature	[°C]	-40...+85	
Temperature coefficient	[%/K]	0.0013	0.0016
EMC		EN 61326-1:2013	

TECHNICAL DRAWING

LZW-M, LZW-B

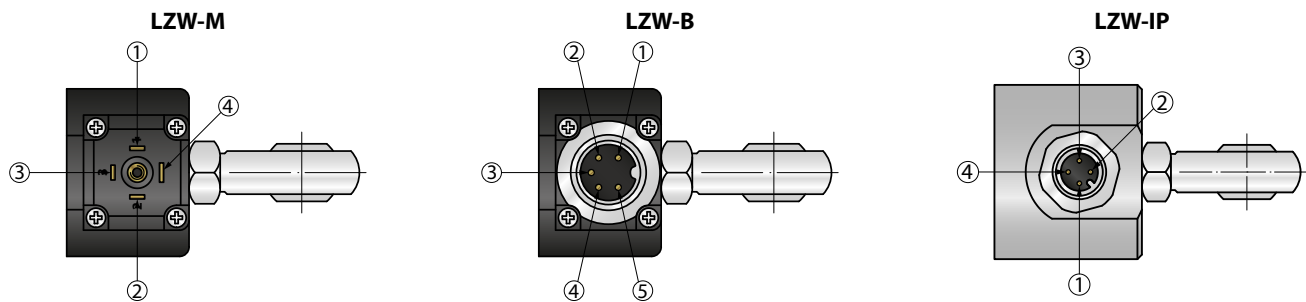


LZW-IP



Useful electrical stroke +3/-0	A	50	75	100	130	150	175	200	225	275	300	360	375	400	450	500	600	750
Theoretical electrical stroke ±1	B	53	78	103	133	153	178	204	229	279	304	364	380	406	457	508	609	762
Mechanical stroke	C	59	84	109	139	159	184	210	235	285	310	370	386	412	463	518	619	772
Housing length LZW-M, LZW-B	D	179	204	229	259	279	304	330	355	405	430	496	512	538	589	664	765	918
Min. distance ball-joint LZW-M, LZW-B	E	227	254	277	307	327	352	378	403	453	478	544	560	586	637	712	813	966
Housing length LZW-IP	F	198	223	248	278	298	323	349	374	424	449	515	531	557	608	683	784	937
Min. distance ball-joint LZW-IP	G	246	271	296	326	346	371	397	422	472	497	563	579	605	656	731	832	985

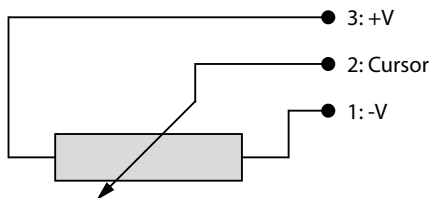
ELECTRICAL CONNECTION



Pin	LZW-M Potentiometer output	LZW-M Analog Output	LZW-B	LZW-IP
1	-V	GND	-V	-V
2	Cursor	Signal	Cursor	Cursor
3	+V	+V	+V	+V
4	n. c.	MFL ¹⁾	n. c.	n. c.
5	-	-	n. c.	-

¹⁾ multi-functional line: connect only when using the functions of a Squeezer

Circuit diagram potentiometer output



Installation notes:

- Do **NOT** use the sensor as a variable resistor!
- While calibrating the sensor set the stroke so that the output signal does not drop below 1 % or exceed 99 % of the supply voltage.

ACCESSORIES

Teach accessory Squeezer for LZW-M with analog output 4,5VT or 10VT

LZW-M sensors with the analog output versions 4,5VT and 10VT are equipped with a teachable, internal electronics, called VT-Electronics. The signals provided by the sensor's potentiometer are digitized by the VT-Electronics. This digital information is first processed by the electronics, then transformed back and given out as an analog output signal 0.5 to 4.5 V or 0 to 10 V.

The digitization offers two possibilities of adjustment, by which the sensor can be configured individually using the Squeezer:

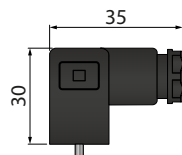
- Teaching of the measurement range. After a successful teaching process the Squeezer can be pulled off the sensor and be replaced by a standard cable or connector.
- Setting an individual switching point. The Squeezer allows the setting of an individual switching point open collector. The switching signal is emitted through the multi-functional line MFL.



A detailed description of the functions can be found in a separate [manual](#).

CON008: Mating connector for LZW-M

- for self assembly
- 4 poles
- protection class IP65
- cable diameter Ø 6...8 mm



CON011: Mating connector for LZW-B

- for self assembly
- 5 poles
- protection class IP40
- cable diameter Ø 4...6 mm



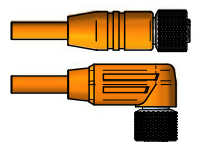
D4: Mating connector for LZW-IP

- for self assembly
- connector M12 straight or angular
- 4 poles
- protection class IP67
- cable diameter Ø 4...8 mm



K4P: cable with mating connector for LZW-IP

- connector M12 straight or angular
- 4 poles
- protection class IP67

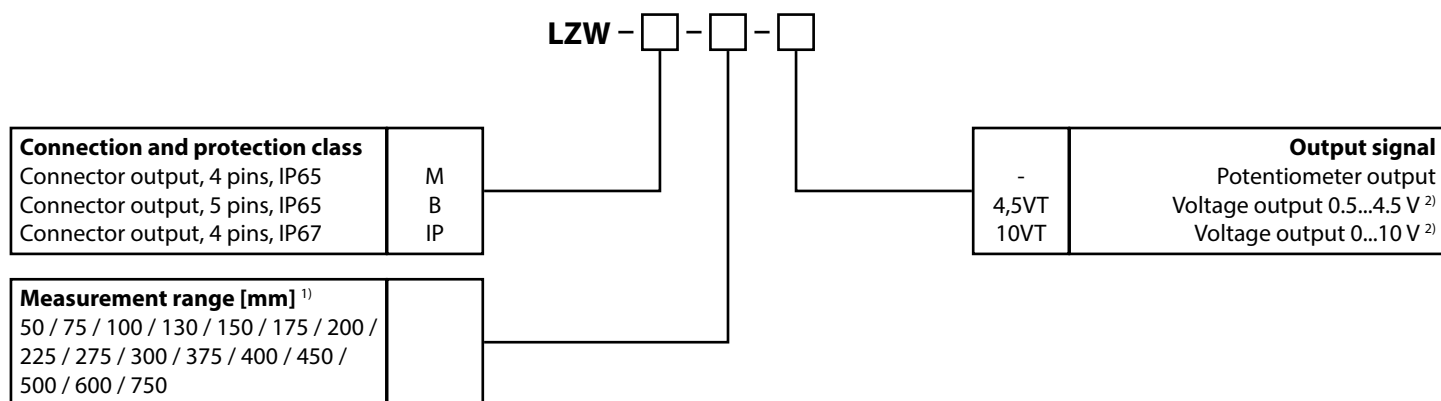


Pin	1	2	3	4
Cable colour	BN	WH	BU	BK

Signal conditioner PMX-24

- Converts potentiometer signals into analog output signals: 4...20 mA, 0...10 V, 0...5 V, ±10 V, ±5 V
- Input: potentiometer 1...20 kΩ
- Configurable output
- DIN-rail-mounting with face-side connector
- For more information please refer to the [PMX-24 data sheet](#).



ORDER CODE

¹⁾ custom lengths available for quantities larger 10 units

²⁾ only available for version LZW-M

ACCESSORIES

Cable with mating connector M12 (female) for LZW-IP, 4 poles, IP67

K4P2M-S-M12	2 m, connector straight, shielded
K4P5M-S-M12	5 m, connector straight, shielded
K4P10M-S-M12	10 m, connector straight, shielded
K4P2M-SW-M12	2 m, connector angular, shielded
K4P5M-SW-M12	5 m, connector angular, shielded
K4P10M-SW-M12	10 m, connector angular, shielded

Teach accessory for LZW-M with voltage outputs 4,5VT / 10VT

SQUEEZER2M	Teach accessory, 2 m cable
SQUEEZER5M	Teach accessory, 5 m cable
SQUEEZER10M	Teach accessory, 10 m cable

Digital displays for sensors with analog output, 2 channel

WAY-AX-S	touch screen, supply: 18...30 VDC
WAY-AX-AC	touch screen, supply: 115...230 VAC

For more information and options please refer to the [WAY-AX data sheet](#).

Mating connector for self assembly

CON008	4 poles, IP65, for LZW-M
CON011	5 poles, IP40, for LZW-B
D4-G-M12-S	connector M12 straight, 4 poles, IP67, for LZW-IP
D4-W-M12-S	connector M12 angular, 4 poles, IP67, for LZW-IP

Teach accessory for LZW-M with voltage outputs 4,5VT / 10VT

K4P1,5M-SB-M12-CON008 connection cable sensor to Squeezer, 1.5 m

Signal conditioner

PMX-24 Output signals: 4...20 mA, 0...10 V, 0...5 V, ± 10 V, ± 5 V

For more information and options please refer to the [PMX-24 data sheet](#).

Subject to change without prior notice.

WayCon Positionsmesstechnik GmbH

email: info@waycon.de

internet: www.waycon.biz

WayCon
Positionsmesstechnik

Positionsmesstechnik

Head Office

Mehlbeerenstr. 4

82024 Taufkirchen

Tel. +49 (0)89 67 97 13-0

Fax +49 (0)89 67 97 13-250

Office Köln

Auf der Pehle 1

50321 Brühl

Tel. +49 (0)2232 56 79 44

Fax +49 (0)2232 56 79 45

ECOSPARK[®] Ignition IGBT

500 mJ, 360 V, N-Channel Ignition IGBT

**ISL9V5036S3ST,
ISL9V5036P3-F085,
ISL9V5036S3ST-F085C**

General Description

The ISL9V5036S3ST, ISL9V5036S3ST-F085C and ISL9V5036P3-F085 are the next generation IGBTs that offer outstanding SCIS capability in the D²-Pak (TO-263) and TO-220 plastic package. These devices are intended for use in automotive ignition circuits, specifically as coil drivers. Internal diodes provide voltage clamping without the need for external components.

ECOSPARK devices can be custom made to specific clamp voltages. Contact your nearest **onsemi** sales office for more information.

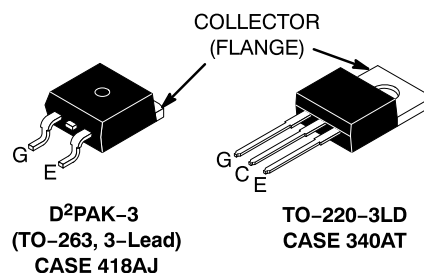
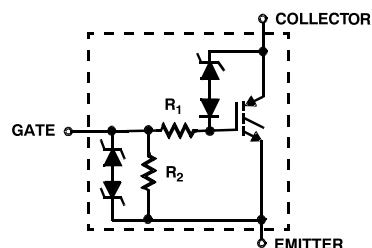
Formerly Developmental Type 49443.

Features

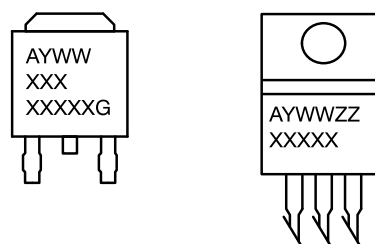
- Industry Standard D²-Pak package
- SCIS Energy = 500 mJ at T_J = 25°C
- Logic Level Gate Drive
- AEC-Q101 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free and are RoHS Compliant

Applications

- Automotive Ignition Coil Driver Circuits
- Coil-On Plug Applications



MARKING DIAGRAM



A	= Assembly Location
Y	= Year
WW	= Work Week
XXXX	= Device Code
ZZ	= Assembly Lot Number
G	= Pb-Free Package

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 8 of this data sheet.

ISL9V5036S3ST, ISL9V5036P3–F085, ISL9V5036S3ST–F085C

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Collector to Emitter Breakdown Voltage (I _C = 1 mA)	BV _{CER}	390	V
Emitter to Collector Voltage – Reverse Battery Condition (I _C = 10 mA)	BV _{ECS}	24	V
At Starting T _J = 25°C, I _{SCIS} = 38.5A, L = 670 µHy	E _{SCIS25}	500	mJ
At Starting T _J = 150°C, I _{SCIS} = 30A, L = 670 µHy	E _{SCIS150}	300	mJ
Collector Current Continuous, at T _C = 25°C, See Figure 9	I _{C25}	46	A
Collector Current Continuous, at T _C = 110°C, See Figure 9	I _{C110}	31	A
Gate to Emitter Voltage Continuous	V _{GEM}	±10	V
Power Dissipation Total T _C = 25°C	P _D	250	W
Power Dissipation Derating T _C > 25°C		1.67	W/°C
Operating Junction Temperature Range	T _J	–40 to 175	°C
Storage Junction Temperature Range	T _{STG}	–40 to 175	°C
Max Lead Temp for Soldering (Leads at 1.6 mm from Case for 10 s)	T _L	300	°C
Max Lead Temp for Soldering (Package Body for 10s)	T _{pkg}	260	°C
Electrostatic Discharge Voltage at100 pF, 1500 Ω	ESD	4	kV

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Junction–Case	R _{θJC}	0.6	°C/W

ISL9V5036S3ST, ISL9V5036P3–F085, ISL9V5036S3ST–F085C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit	
OFF STATE CHARACTERISTICS							
Collector to Emitter Breakdown Voltage	BV _{CER}	I _C = 2 mA, V _{GE} = 0 V, R _G = 1 kΩ, See Figure 15 T _J = -40 to 150°C	330	360	390	V	
Collector to Emitter Breakdown Voltage	BV _{CES}	I _C = 10 mA, V _{GE} = 0 V, R _G = 0, See Figure 15 T _J = -40 to 150°C	360	390	420	V	
Emitter to Collector Breakdown Voltage	BV _{ECS}	I _C = -75 mA, V _{GE} = 0 V, T _J = 25°C	30	-	-	V	
Gate to Emitter Breakdown Voltage	BV _{GES}	I _{GES} = ±2 mA	±12	±14	-	V	
Collector to Emitter Leakage Current	I _{CER}	V _{CER} = 250 V, R _G = 1 kΩ, See Figure 11	T _C = 25°C	-	-	25	μA
			T _C = 150°C	-	-	1	mA
Emitter to Collector Leakage Current	I _{ECS}	V _{EC} = 24 V, See Figure 11	T _C = 25°C	-	-	1	mA
			T _C = 150°C	-	-	40	
Series Gate Resistance	R ₁		-	75	-	Ω	
Gate to Emitter Resistance	R ₂		10	-	30	kΩ	

ON STATE CHARACTERISTICS

Collector to Emitter Saturation Voltage	V _{CE(SAT)}	I _C = 10 A, V _{GE} = 4.0 V	T _C = 25°C See Figure 4	–	1.17	1.60	V
Collector to Emitter Saturation Voltage	V _{CE(SAT)}	I _C = 15 A, V _{GE} = 4.5 V	T _C = 150°C	–	1.50	1.80	V

DYNAMIC CHARACTERISTICS

Gate Charge	Q _{G(ON)}	I _C = 10 A, V _{CE} = 12 V, V _{GE} = 5 V, See Figure 14		–	32	–	nC
Gate to Emitter Threshold Voltage	V _{GE(TH)}	I _{CE} = 1.0 mA, V _{CE} = V _{GE} , See Figure 10	T _C = 25°C	1.3	–	2.2	V
			T _C = 150°C	0.75	–	1.8	
Gate to Emitter Plateau Voltage	V _{GEP}	I _C = 10 A, V _{CE} = 12 V		–	3.0	–	V

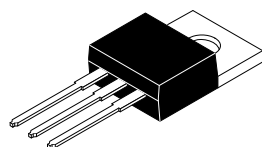
SWITCHING CHARACTERISTICS

Current Turn–On Delay Time–Resistive	t _{d(ON)R}	V _{CE} = 14 V, R _L = 1 Ω V _{GE} = 5 V, R _G = 1 kΩ T _J = 25°C, See Figure 12	–	0.7	4	μs
Current Rise Time–Resistive	t _{rR}		–	2.1	7	
Current Turn–Off Delay Time–Inductive	t _{d(OFF)L}	V _{CE} = 300 V, L = 2 mH, V _{GE} = 5 V, R _G = 1 kΩ T _J = 25°C, See Figure 12	–	10.8	15	
Current Fall Time–Inductive	t _{fL}		–	2.8	15	
Self Clamped Inductive Switching	SCIS	T _J = 25°C, L = 670 μH, R _G = 1 kΩ, V _{GE} = 5 V, See Figures 1, 2	–	–	500	mJ

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

MECHANICAL CASE OUTLINE PACKAGE DIMENSIONS

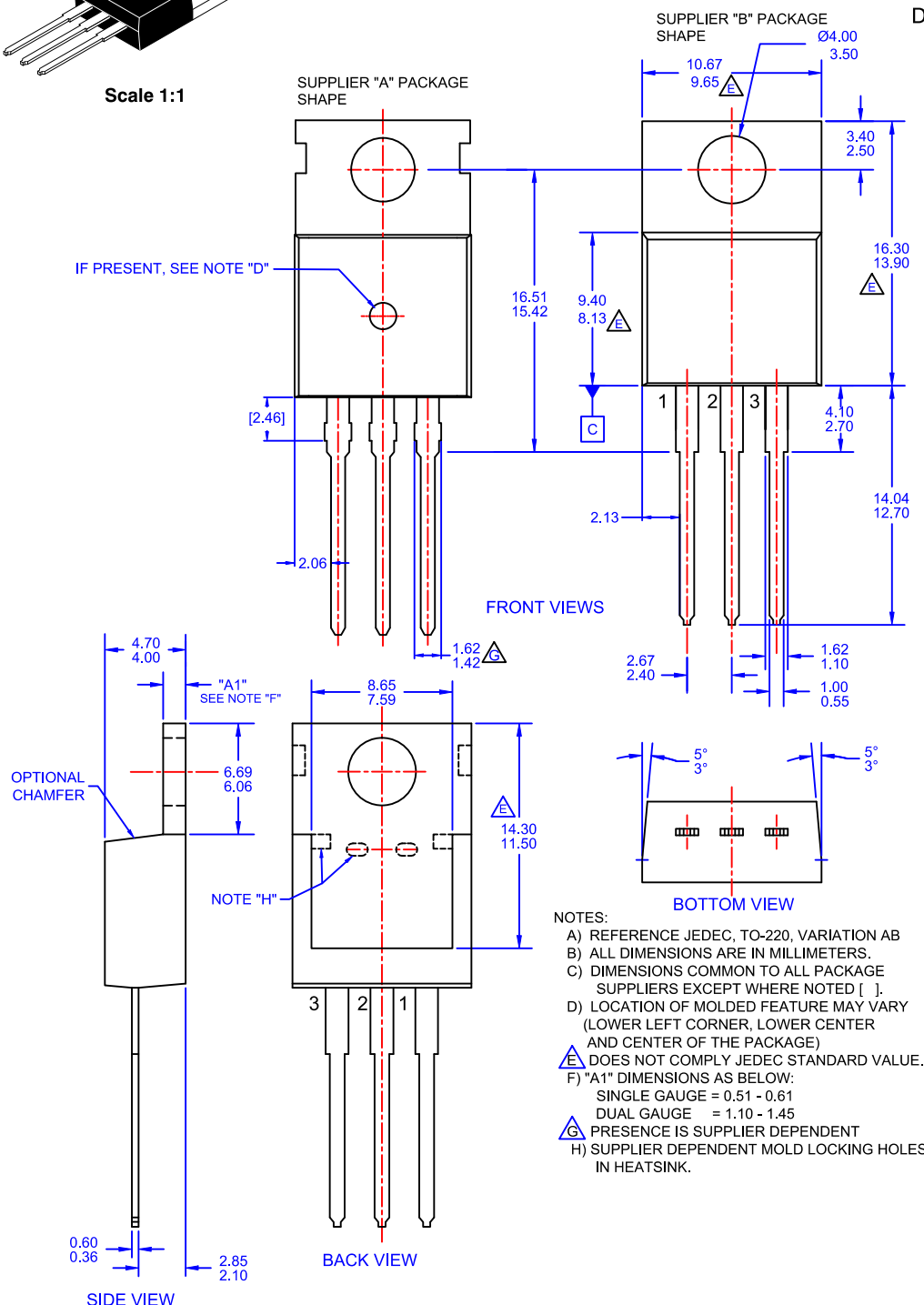
ON Semiconductor®



Scale 1:1

TO-220-3LD
CASE 340AT
ISSUE A

DATE 03 OCT 2017



DOCUMENT NUMBER:	98AON13818G	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
DESCRIPTION:	TO-220-3LD	PAGE 1 OF 1

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.