

Reporte Sensor de Dirección

Ricardo Ramos

Beauchef Proyecto

30 de Octubre de 2017

1. Preliminar

1.1. ¿Por qué necesitar un Sensor de Dirección?

En un automóvil común y corriente, el sensor de dirección se utiliza para realizar control de estabilidad, es decir, corregir condiciones como sobregiro(*oversteering*) y subgiro(*understeering*) al doblar bruscamente ante alguna situación de peligro.

En el caso de el proyecto del automóvil eléctrico no se implementará control de estabilidad debido a las bajas velocidades a las que se moverá. Sin embargo, se utilizará para realizar el diferencial electrónico.

Un diferencial permite que, al doblar, las ruedas puedan girar a distintas velocidades/torques para evitar que la rueda exterior resbale.

1.2. ¿Cómo realizar el diferencial electrónico?

En primer lugar es necesario saber el ángulo de rotación de las ruedas, esto determinará qué tan rápido está doblando el automóvil y por ende cuán distintas serán las velocidades relativas entre las ruedas.

Existen diversos métodos para calcular la velocidad de las ruedas siendo el más clásico, simple y el elegido, el método del **Diferencial de Ackerman**.

(Ver Anexo)

1.3. Definición del problema

- El sensor ser capaz de reconocer con resolución suficiente la rotación de las ruedas.
- El sensor debe ser capaz de ser colocado en el eje del volante, ya sea al principio o al final. Los lugares comunes donde se coloca éste tipo de sensores es debajo del volante, antes de la columna, después de la columna, antes de la junta universal o bien antes del piñón en el sistema de piñón y cremallera de la dirección (Al final de todo). Ver figura 2.
- El eje del volante es de 30mm de diámetro basado en lo que indican los datos de ubicación de eje delantero.
- El eje y las ruedas poseen una razón de reducción en la cual una vuelta y un poco más se traduce en aproximadamente 40 grados de rotación de las ruedas respecto a su orientación regular. Esto quiere decir que aproximadamente 2,5 vueltas totales del volante (de esquina a esquina) se traduce en 80 de rotación de 80 grados de las ruedas. Ésta aproximación fue informada hace semanas y no he podido reunirme nuevamente con eje delantero para saber con exactitud cuánto es.
- Como los pines del Raspberry Pi 3 son limitados, es probable que sea más conveniente utilizar un sensor que posea comunicación serial. El protocolo más usado por automóviles comerciales es CAN (Controller

Area Network). El equipo nunca se decidió de si utilizaríamos CAN o no así que fue descartado. Una opción simple sería utilizar simplemente SPI.

2. Trabajo

Opción 1: Compra de un sensor comercial

En primer lugar se probó buscando sensores de dirección utilizados comercialmente en la industria automovilística. Ésta solución es en teoría la más ideal pues sólo basta con comprar el sensor. Sin embargo, presentó problemas: En primer lugar, todos los sensores de éste tipo son manufacturados a pedido por las compañías automotoras, normalmente para modelos específicos de algún automóvil, por lo cual normalmente se encuentra como 'Sensor para X automóvil' y nunca poseen ninguna especificación de dimensiones o tipo de señal de salida (la cual lo más probable es que sea CAN), etc. Éste tipo de sensor se convierte, por lo tanto, en una opción arriesgada al no presentar información. Los escenarios posibles son que no sirva, o que haya que hacerle modificaciones que sólo podrán saberse una vez comprado el sensor. Ésta opción ha sido casi descartada por completo.

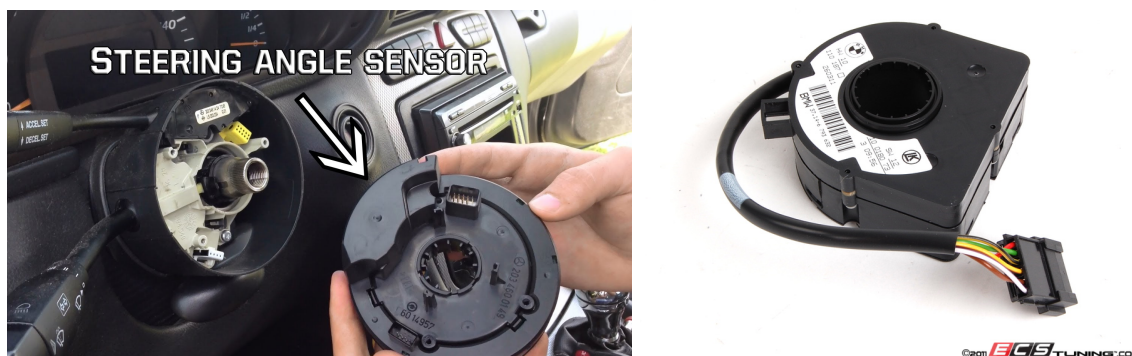


Figura 1: Sensores Comerciales

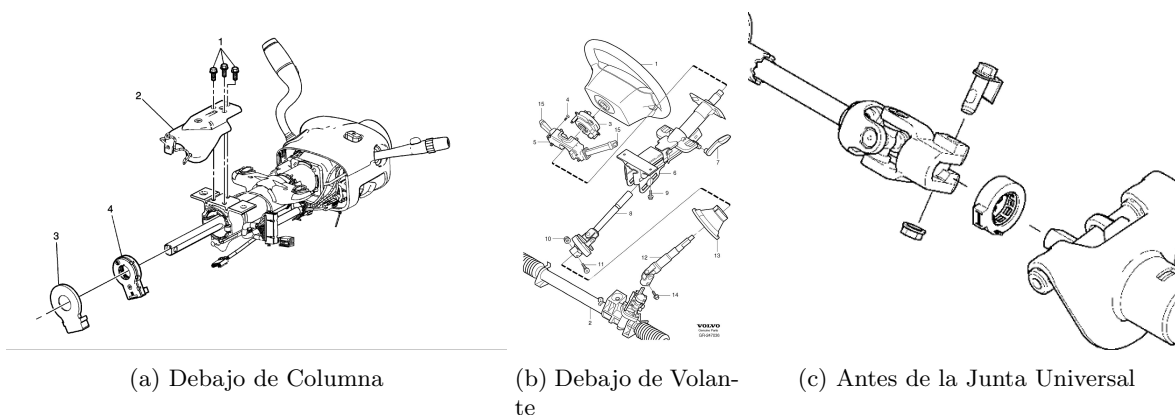


Figura 2: Posicionamiento Sensores Comerciales

Opción 2: Encoder Absoluto Multivuelta

Luego se probó utilizando encoders. Un encoder es un dispositivo que permite saber la rotación de un eje. Se dividen en varias categorías:

- Según su tipo de medición: Pueden ser Incrementales o Absolutos.
Un encoder incremental sólo registrará los cambios en la rotación mientras que un encoder absoluto registrará la rotación absoluta respecto a una posición definida.
Dentro de los encoders absolutos existen también los de una vuelta y multivuelta. Un encoder de una vuelta sólo podrá registrar 360 grados mientras que uno multivuelta puede registrar hasta 3 o 4 vueltas.
- Según su tipo de tecnología: Pueden ser Magnéticos, Ópticos, etc.
- Según su tipo de Acople: Pueden ser con eje o sin eje. Entre los sin eje se encuentran aquellos que son huecos, que atraviesan un eje o bien pueden ser con fondo cubierto, es decir son puestos al final del eje.

A partir de las definiciones anteriores podemos ver que un encoder incremental no es adecuado para la implementación que se desea pues lo que se desea es que la posición del eje sea registrada apenas sea encendido el automóvil, lo cual el encoder incremental no puede hacer.

Un encoder absoluto de una vuelta presenta problemas similares: al ser el eje capaz de dar más de una vuelta al rotar el volante, no se registrará en cual vuelta se estará a la hora de encender el automóvil (la detección del cambio de vuelta puede detectarse estando encendido el automóvil).

Un encoder absoluto multivuelta parece ser la mejor opción. Sin embargo éste tipo de encoders es difícil de encontrar y aquellos que existen suelen ser bastante caros.

A nivel general, los encoders absolutos suelen ser utilizados en la industria por lo cual es fácil encontrarlos para aplicaciones industriales. Ésto hace además que tengan datasheets con todas las especificaciones y dimensiones. La desventaja de éstos encoders industriales es que suelen utilizar protocolos más desconocidos o menos usados como SSI o BiSS. Además los precios no están indicados en los sitios web de venta si no que sólo se puede cotizar mediante consulta.



Figura 3: Encoders Industriales Con eje y Sin eje.

Aquellos que no son industriales normalmente no están diseñados para trabajar con ejes tan grandes como 30mm.

La opción de encoder multivuelta fue descartada.

Opción 3: Encoder Absoluto de una vuelta + manufactura de adaptación inteligente

Esta opción es de las más recientes. En primer lugar se observó a partir de algunas imágenes cómo funcionaban los sensores de dirección comerciales:

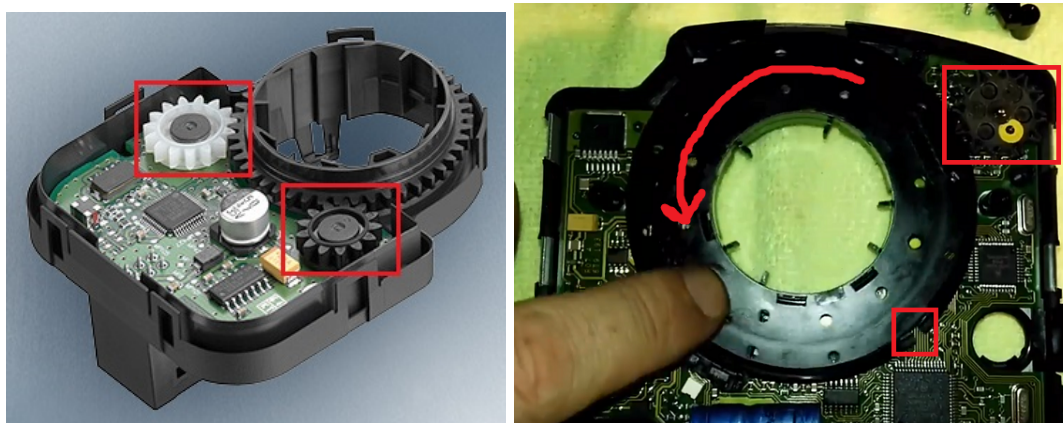


Figura 4: Sensores Comerciales

En el sensor de la izquierda, se puede observar que el engranaje por donde pasa el eje está acoplado a dos engranajes pequeños. La teoría es que éstos dos engranajes pequeños son encoders absolutos de 1 vuelta. Sin embargo se puede observar que los engranajes poseen número primo de dientes, por lo cual las rotaciones no serán iguales por muchas vueltas. Es decir, en cada vuelta los dos encoders registrarán posiciones distintas, por lo cual es posible reconocer durante muchas vueltas en qué posición se encuentra el engranaje principal.

El sensor de la derecha posee un encoder absoluto óptico en el centro, sin embargo, en la esquina superior derecha se puede observar un engranaje que cuenta la cantidad de vueltas hasta 6 vueltas. En cada rotación del sensor principal, la dentadura en el exterior del anillo gira en 1/6 de vuelta el engranaje contador de vueltas.

Éstas parecen ser buenas soluciones. Sin embargo pueden resultar ser más difíciles en la práctica. Por ejemplo, en el caso de la izquierda la cantidad de dientes no se traduce exactamente en la resolución del encoder, por lo cual no estoy seguro de si efectivamente habrían números primos a la hora de ver los niveles de los encoders.

Por otro lado, ambos sensores requieren de no uno si no dos encoders absolutos. Ésta es una alternativa aún en discusión.

Opción 4: Encoder Absoluto de una vuelta con eje + manufactura de reducción

Una última opción y que se encuentra en desarrollo. La idea de ésta opción es pensar en una solución simple de implementar tanto mecánicamente como eléctricamente.

Esta solución se basa en implementar simplemente una reducción mediante engranajes del eje principal al encoder, de manera que las multivueeltas del eje sean transformadas en una sola vuelta del encoder. En éste caso la implementación de engranajes simples resulta en una engranaje de aproximadamente 3 veces el tamaño del eje, por lo cual resulta en un sensor de gran tamaño. Para evitar esto se implementa un sistema triple con engranaje compuesto.

Además se ha calculado cuánto realmente se necesita de resolución en el encoder y se ha llegado a que una resolución de 128 niveles (2.8 grados), la resolución de posición en las ruedas es de aproximadamente 0.63 grados, lo cual se considera ser más que suficiente para calcular el diferencial. Además esa es la resolución mínima que se ha encontrado en los encoder, los cuales normalmente son de 1024 niveles. (Ver Anexo)

El encoder de 128 niveles fue encontrado en RSComponentes pero posee salida de bits en paralelo, por lo cual se pretende usar un shift-register o similar para transformar la información de paralelo a serial y poder utilizar SPI.

La reducción fue modelada en Autodesk Inventor y tanto los engranajes como el contenedor pretenden ser impresos en 3D mediante las impresoras del FabLab.

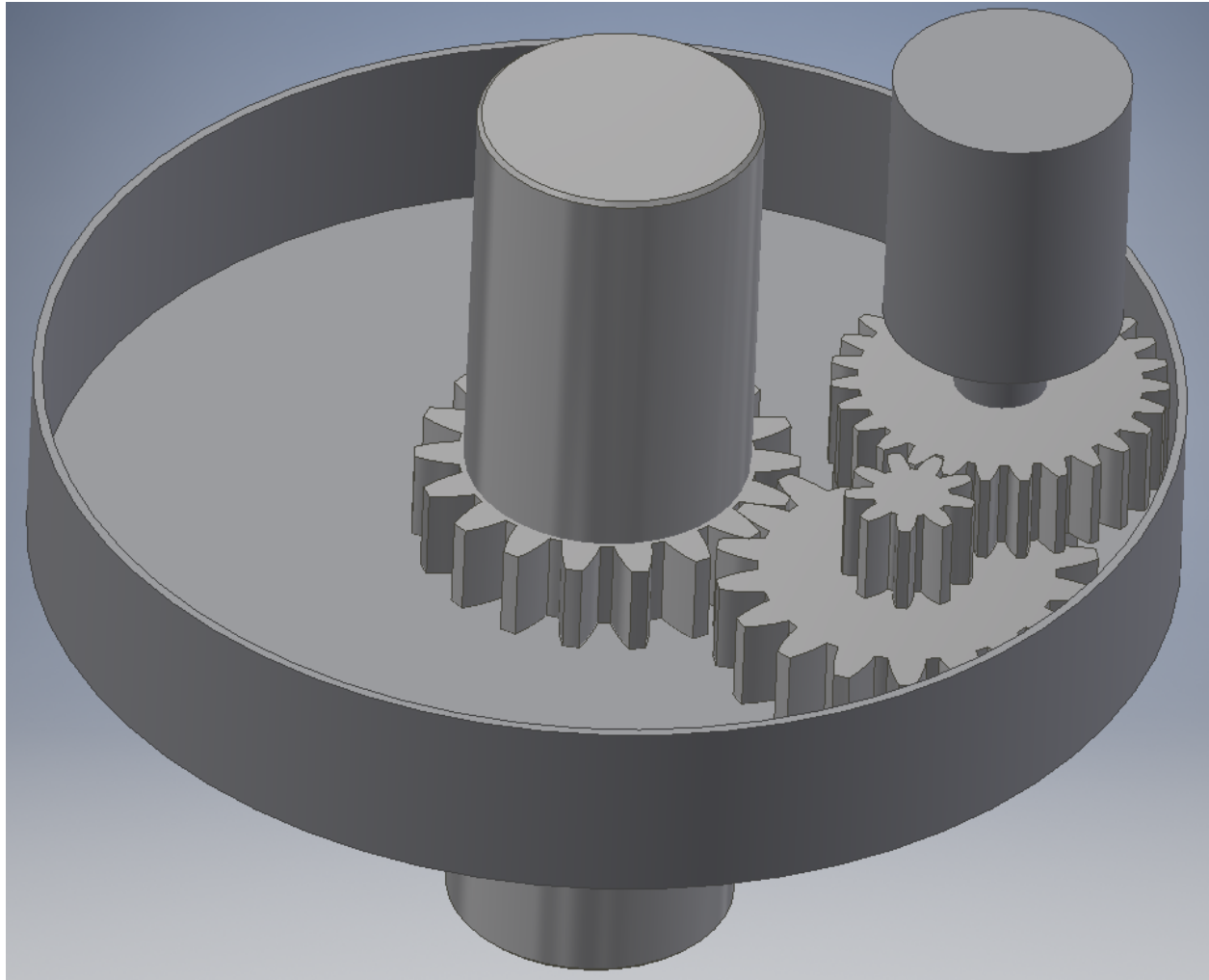


Figura 5: Preliminar de Sensor a manufacturar. Al centro el eje de la dirección y a la derecha el encoder montado. Vista Abierta.

3. Anexo

3.1. Diferencial de Ackerman

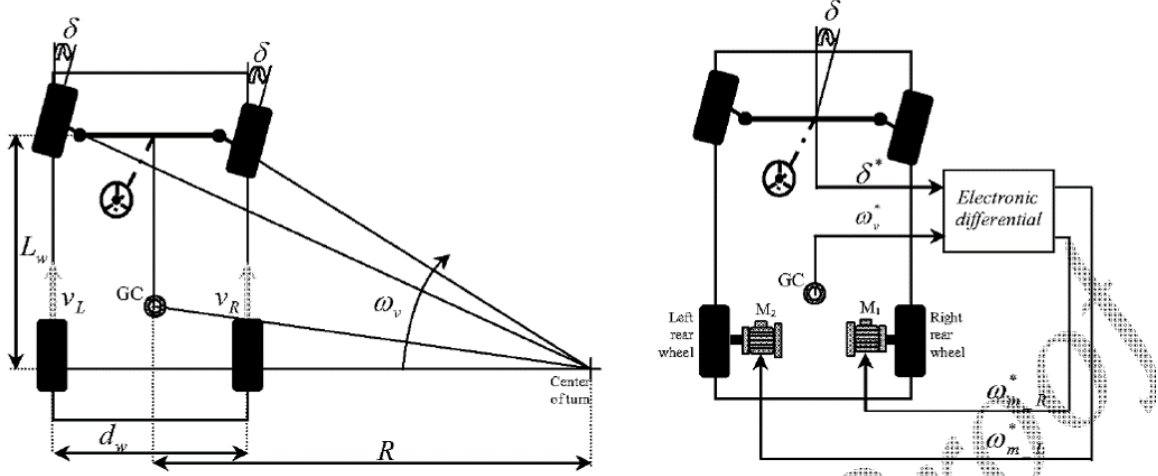


Figure 6. Vehicle structure in curve.

Accordance to Figure 6, the linear speed of each wheel drive is expressed as a function of the vehicle speed and the radius of curve, by equations (1) and (2)

$$v_L = \omega_v \left(R + \frac{d_w}{2} \right) \quad (1)$$

$$v_R = \omega_v \left(R - \frac{d_w}{2} \right) \quad (2)$$

The radius of curve depends on the wheelbase and steering angle (equation (3)):

$$R = \frac{L_w}{\tan \delta} \quad (3)$$

$$\omega_v = \frac{L_w}{\tan \delta} \omega_v \quad (3)$$

Substituting (3) in equations (1) and (2), we obtain the angular speed in each wheel drive (equation (4) and (5)):

$$\omega_{r_L} = \frac{L_w + d_w/2 \cdot \tan \delta}{L_w} \omega_v \quad (4)$$

$$\omega_{r_R} = \frac{L_w - d_w/2 \cdot \tan \delta}{L_w} \omega_v \quad (5)$$

The difference between the angular speeds of the wheel drives is express by equation (6). The signal of the steering angle indicates the curve direction (7).

$$\Delta\omega = \omega_{r_L} - \omega_{r_R} = \frac{d_w \cdot \tan \delta}{L_w} \omega_v \quad (6)$$

$$\begin{cases} \delta > 0 & \Rightarrow \text{Turn right} \\ \delta = 0 & \Rightarrow \text{Straight ahead} \\ \delta < 0 & \Rightarrow \text{Turn left} \end{cases} \quad (7)$$

When the vehicle arrives at the beginning of a curve, the driver applies a steering angle on the wheels. The electronic differential however acts immediately on the two motors reducing the speed of the inner wheel, and increases the speed of the outer wheel, Figure 6. The driving wheel angular speeds are:

$$\omega_{r_L}^* = \omega_v + \frac{\Delta\omega}{2} \quad (8)$$

$$\omega_{r_R}^* = \omega_v - \frac{\Delta\omega}{2} \quad (9)$$

The speed references of the two motors are:

$$\omega_{m_L}^* = k_{gear} \omega_{r_L}^* \quad (10)$$

$$\omega_{m_R}^* = k_{gear} \omega_{r_R}^* \quad (11)$$

Para ver más: http://jase.esrgroups.org/papers/2_2_2_08%20proof.pdf

3.2. Cálculo de Engranajes

