

Sistemas de Tempo Real: FPGAs 2013/14

Práctica 4: ECU Simple para Control de Estabilidad y Airbags

Objetivo

En esta práctica se pretende repasar parte de los conceptos vistos en las Práctica 3 y 4, y lo visto en el tutorial de VHDL en las clases de teoría. Para ello, se va a diseñar e implementar una ECU (*Electronic Control Unit*) que recibirá y procesará mensajes de distintos sensores remotos de un vehículo.

Enunciado

Una ECU es un hardware embebido que se encarga de controlar uno o varios subsistemas eléctricos de un vehículo. En esta práctica denominaremos ECU al sistema encargado de controlar los airbags y el sistema de estabilidad de un coche, aunque realmente los coches actuales llevan varias decenas de ECUs que reciben distintas denominaciones en función de las tareas que lleven a cabo (por ejemplo, existen la ACU (*Airbag Control Unit*), el PCM (*Powertrain Control Module*) o el ECM (*Engine Control Module*)).

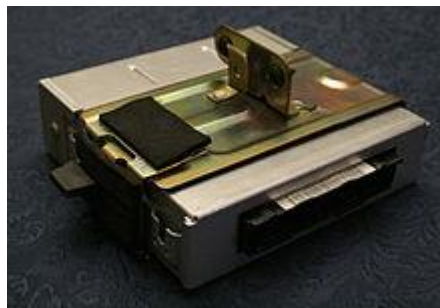


Figura 1: Ejemplo de ECU (Fuente: Wikipedia)

Nuestra ECU recibirá información de los siguientes sensores:

- **Acelerómetro.** Utilizado para determinar cuándo se produce una colisión. Mientras no se detecte ésta, mandará periódicamente el mensaje *acelcero*. En cuanto se detecte un impacto enviará el mensaje *aceluno*.
- **Sensores de presión de puertas.** Sirven para detectar cuándo se produce una colisión lateral. Si se detecta dicha colisión, enviará un mensaje *presXuno*. En caso contrario, enviará periódicamente el mensaje *presXcero*. Para simplificar la práctica, vamos a suponer que tan sólo hay dos sensores de este tipo, uno para la puerta del conductor y otro para la del acompañante, que generarán los mensajes *presAcero*, *presAuno*, *presBcero*, *presBuno*.

- **Sensor de acompañante.** Permite determinar si existe en el vehículo un acompañante del conductor. En caso positivo, enviará el mensaje *ocupuno* y en caso negativo, *ocupcero*.
- **Sensor de velocidad de las ruedas.** Miden la velocidad de rotación de las ruedas. Para simplificar supondremos que este sensor sólo envía información de una rueda si ésta gira más rápido (*ruedaXuno*), más lento (*ruedaXdos*) o igual de rápido que las demás (*ruedaXcero*) que las demás. Se controlarían entonces cuatro ruedas, las cuales pueden generar tres posibles mensajes (e.g. *ruedaAcero*, *ruedaAuno*, *ruedaAdos*, *ruedaBcero*, etc...).

La ECU tendría entonces que controlar los siguientes mensajes:

Mensaje	Fuente	Descripción
<i>acelcero</i>	Acelerómetro	Aceleración ok
<i>aceluno</i>	Acelerómetro	Detectada colisión
<i>presAcero</i>	Sensor de presión de la puerta del conductor	Presión puerta conductor ok
<i>presAuno</i>	Sensor de presión de la puerta del conductor	Impacto en puerta conductor
<i>presBcero</i>	Sensor de presión de la puerta del acompañante	Presión puerta acompañante ok
<i>presBuno</i>	Sensor de presión de la puerta del acompañante	Impacto en puerta acompañante
<i>ocupcero</i>	Sensor de acompañante	Asiento de acompañante vacío
<i>ocupuno</i>	Sensor de acompañante	Acompañante presente
<i>ruedaAcero</i>	Sensor de velocidad rueda delantera izquierda	Rueda ok
<i>ruedaAuno</i>	Sensor de velocidad rueda delantera izquierda	La rueda gira más rápido que las demás.
<i>ruedaAdos</i>	Sensor de velocidad rueda delantera izquierda	La rueda gira más lento que las demás
<i>ruedaBcero</i>	Sensor de velocidad rueda delantera derecha	Rueda ok
<i>ruedaBuno</i>	Sensor de velocidad rueda delantera derecha	La rueda gira más rápido que las demás.
<i>ruedaBdos</i>	Sensor de velocidad rueda delantera derecha	La rueda gira más lento que las demás
<i>ruedaCcero</i>	Sensor de velocidad rueda trasera izquierda	Rueda ok
<i>ruedaCuno</i>	Sensor de velocidad rueda trasera izquierda	La rueda gira más rápido que las demás.
<i>ruedaCdos</i>	Sensor de velocidad rueda trasera izquierda	La rueda gira más lento que las demás
<i>ruedaDcero</i>	Sensor de velocidad rueda trasera derecha	Rueda ok
<i>ruedaDuno</i>	Sensor de velocidad rueda	La rueda gira más rápido que

	trasera derecha	las demás.
<i>ruedaDdos</i>	Sensor de velocidad rueda trasera derecha	La rueda gira más lento que las demás

En función de los mensajes recibidos, la ECU realizará dos tareas: la ignición de los airbags y la regulación de la presión hidráulica de los frenos.

Se asumirá que hay cuatro airbags en el coche: dos frontales y dos laterales. Para que un airbag sea efectivo, su despliegue debe realizarse en un tiempo inferior a 60 ms, de los que menos de 28 ms se pueden dedicar en la detección de la colisión, 30 ms se gastan en el inflado y 2 ms en la ignición (i.e. en calentar el dispositivo pirotécnico que provoca el inflado).

Respecto al sistema de estabilidad, la regulación de la presión hidráulica se realizará sobre cada una de las cuatro válvulas que hay en el sistema de frenado.

Para interactuar con todos estos elementos la ECU hará uso de las siguientes señales:

Señal de salida (valor inicial = 0)	Instante de Activación (valor=1)
IGNICION_AIRBAG_FRONTAL_CONDUCTOR	Impacto en el vehículo (sea o no lateral).
IGNICION_AIRBAG_FRONTAL_ACOMP	Impacto (lateral o no) cuando existe un acompañante.
IGNICION_AIRBAG_LATERALES	Cuando se detecte una colisión lateral (exista o no acompañante).
REDUCE_PRESION_HIDRAULICA_X (X = A, B, C o D)	Cuando se detecta que la rueda X gira más lenta que las demás ruedas.
AUMENTA_PRESION_HIDRAULICA_X (X = A, B, D o D)	Cuando se detecta que la rueda X gira más rápido que las otras ruedas.

El funcionamiento de la ECU sería el siguiente:

- **Sistema de Airbags:**
 1. La ECU monitoriza el acelerómetro, el sensor de presión de las puertas y el de presencia de acompañante.
 2. Si el acelerómetro indica que se ha producido un impacto, se activará la ignición de los airbags frontales y laterales en función del valor del sensor de ocupación y de los sensores de presión de las puertas.
- **Sistema de estabilidad:**
 1. La ECU controla constantemente la velocidad de rotación de cada rueda.
 2. Si una de las ruedas gira más rápido que las demás, se aumenta la presión hidráulica sobre dicha rueda.
 3. Si una rueda gira más lento que las demás, se reduce la presión hidráulica sobre la misma.



Figura 2: Ejemplo de válvula hidráulica de freno.

Teniendo en cuenta el funcionamiento anteriormente descrito, se pide:

- 1) Crear un nuevo proyecto en ISE (**p4**) con un módulo VHDL que contendrá una arquitectura con todas las funciones requeridas.
- 2) Diseñar e implementar la estructura de la ECU teniendo en cuenta que será necesario crear un tipo *mensaje* para la entrada y que las señales de salida son de tipo STD_LOGIC.
- 3) Diseñar e implementar el comportamiento de la ECU para que efectúe las acciones necesarias para llevar a cabo el comportamiento anteriormente descrito.
- 4) Crear un **Test Bench** en el que se pueda verificar distintos casos de uso significativos. Seleccionar una frecuencia de reloj lo suficientemente alta como para que se realice el despliegue del airbag en los 60 ms indicados previamente.
- 5) Enviar por correo electrónico (a tiago.fernandez@udc.es) una memoria explicativa indicando cómo se ha realizado el diseño (entradas, salidas...) y las pruebas (describir los casos de uso representados y incluir capturas de las simulaciones). Acompañar la memoria del directorio del proyecto comprimido.