

Introducción Rápida a Controller Area Network (CAN Bus)

USM Zero - Alonso Rodríguez - alonso.rodriguez.13@sansano.usm.cl

Introducción

Controller Area Network (CAN bus) es un estándar de comunicación diseñado en respuesta al requerimiento de la industria automotriz por protocolos de comunicación robustos frente a ambientes hostiles, como los encontrados dentro de un vehículo, sin descuidar el costo de implementación y la velocidad de transmisión. Puede ser clasificado como un protocolo del tipo CSMA/CD+CR, serial, diferencial y descentralizado. Debido a estas características, las redes CAN han sido posteriormente utilizadas en una serie de aplicaciones industriales, formando la base de múltiples stacks de protocolos.

Existen variadas implementaciones de la filosofía del estandar CAN, sin embargo, este documento se centra en la implementación High Speed CAN 2.0 estandarizada bajo la norma ISO 11898-2.

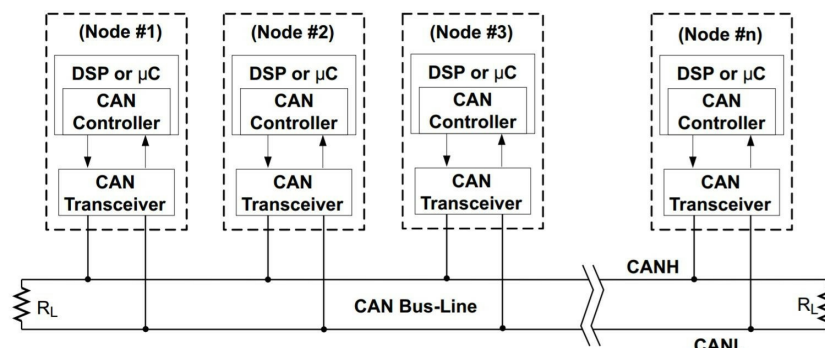


Figura 1. Controller Area Network bus.

Como se muestra en la figura 1, la red CAN se constituye a partir de un bus de comunicación que interconecta un conjunto de nodos. Cada uno de estos nodos posee un CAN Transceiver, un CAN Controller y una unidad de procesamiento host, los cuales en conjunto implementan la funcionalidad del protocolo.

Al estar interconectados por un bus, todos los nodos de la red participan del proceso de transmisión a nivel de bit, lo que otorga de una mayor robustez a la comunicación. Ante una transmisión exitosa los nodos receptores alzan en conjunto un bit de acknowledge notificando instantáneamente una correcta recepción, de lo contrario, se propaga un mensaje de error en todos los nodos y se reintenta automáticamente la transmisión.

La figura 2 muestra la distribución del protocolo según el modelo por capas OSI. Las transacciones físicas son realizadas por un CAN Transceiver, el cual se encarga de administrar la transmisión de bits entre su nodo y el bus. El CAN Transceiver se conecta luego con un CAN Controller, que empaqueta y filtra los paquetes de datos para la posterior lectura por el dispositivo de alto nivel. Este puede formar parte del host, o presentarse como un circuito integrado dedicado.

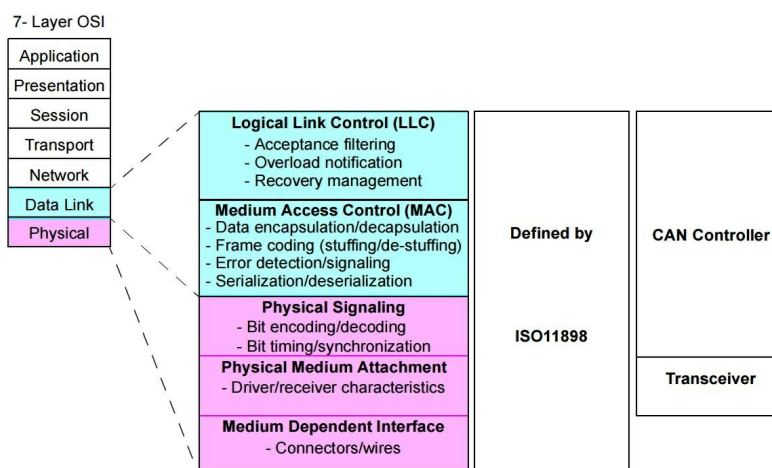


Figura 2. CAN en el modelo de redes por capas OSI.

Protocolo

La red CAN posee una topología tipo bus de dos cables diferenciales denominados CAN High (CANH) y CAN Low (CANL), que interconectan a los nodos en paralelo. Se sugiere la utilización de cables de par trenzado blindados con impedancia característica de 120 $[\Omega]$. El bus es terminado en los extremos por impedancias de carga de 120 $[\Omega]$ para evitar reflexiones de las señales que circulen en la línea.

Las señales diferenciales poseen un voltaje de modo común cercano a los 2.5 [V]. En cada nodo se distinguen dos estados que conforman la lógica binaria:

- **Estado Recesivo (1 Lógico):** Las señales se encuentran en modo de alta impedancia, observándose voltajes de aproximadamente 2.5 [V] tanto como para CANH como para CANL.
- **Estado Dominante (0 Lógico):** Las señales traspasan umbrales pre-definidos. La señal CANH se eleva aproximadamente a 3.5 [V], mientras que la señal CANL baja a aproximadamente 1.5 [V].

Gracias a su topología las redes CAN soportan hot-swapping de nodos. A su vez, si un nodo incurre en un estado de error, este es automáticamente desconectado sin perturbar las comunicaciones en el resto de la red. En general, las redes CAN son compatibles tanto con dispositivos que funcionen a 5 [V] como con aquellos que funcionan a 3.3 [V].

Para direccionar y arbitrar las comunicaciones, cada nodo posee un identificador (ID). De este proceso surgen dos tipos de identificadores, el ID standar de 11 bits definido en CAN 2.0-A y el ID extended de 29 bits definido en CAN 2.0-B. La prioridad de transmisión queda determinada por el campo de ID del mensaje, de tal forma que el mensaje con menor ID tendrá siempre mayor prioridad. Además, cada nodo es capaz de determinar si algún mensaje está siendo transmitido en el bus, en base a esto pueden abstenerse de transmitir cuando el bus es ocupado por otro nodo o detectar colisiones y retransmitir el mensaje.

Frames

Existen cuatro tipos distintos de frames de comunicación que pueden ser transmitidos a través de una red CAN:

- **Data Frame:** Frame básico de transmisión de datos. Contiene un campo de identificación de 11 o 29 bits (standar o extended), campos de identificación de errores de transmisión y un máximo de 8 bytes de información. Figura 3.
- **Remote Frame:** Frame especial de solicitud remota de datos, mediante el cual un nodo puede solicitar a otro el envío de información.
- **Error Frame:** Frame generado por un nodo de la red ante la detección de un error en el bus. Ocasiona que todos los demás nodos repitan el mensaje de error.
- **Overload Frame:** Es un tipo particular de frame de error, generado por un receptor sin buffers de recepción disponibles para aceptar el mensaje.

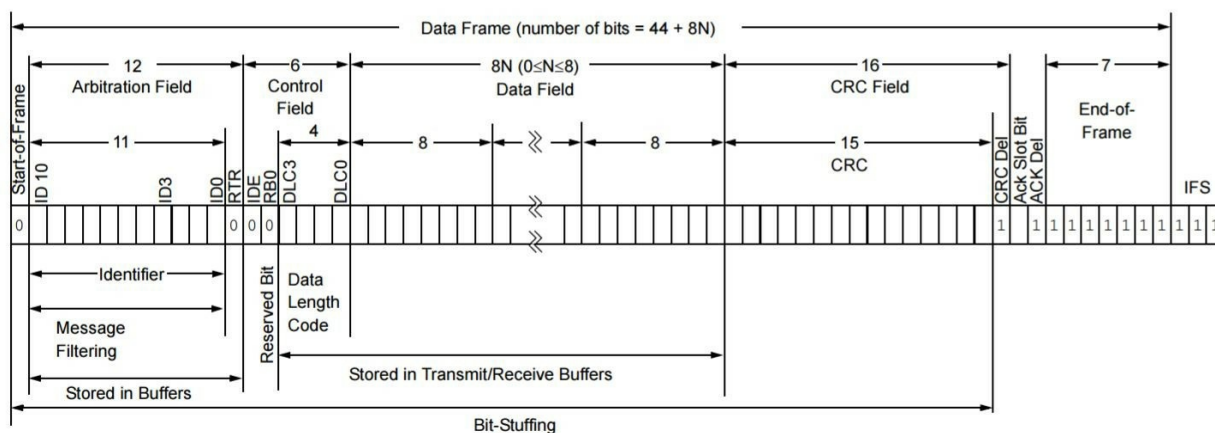


Figura 3. CAN Standar Data Frame.

Manejo de Errores

Para incrementar la robustez ante errores, el estándar CAN implementa un sistema de confinamiento de fallas por nodo. Cada nodo mantiene contadores de errores que llevan registro de errores propios, así como errores en el resto del bus. De esta forma, en caso de que un nodo entre a un estado crítico, este puede desconectarse sin perjudicar al resto de la red. El CAN Controller posee dos registros de conteo de errores, el registro Transmit Error Counter (TEC) lleva

cuenta del número de errores durante transmisiones, mientras que el Receive Error Counter (REC) lleva cuenta del número de errores durante recepciones. En base a estos contadores un nodo se puede encontrar en uno de los siguientes estados:

- **Error Active:** Estado de operación normal. Tanto TEC como REC son menores o iguales que 127. El nodo toma parte tanto en la comunicación como en la propagación de errores de la red. Ante la detección de un error transmite un Active Error Frame.
- **Error Pasive:** Estado en que TEC o REC han superado 127. El nodo sigue participando en la comunicación, pero debe esperar una secuencia adicional de bits recesivos antes de transmitir. Ante la detección de un error transmite un Passive Error Frame.
- **Buss Off:** Estado en que TEC a superado 255. El nodo es desconectado del bus y no participa ni en transmisión ni en propagación de errores. Para recuperarse de este estado se debe solucionar la falla desde el dispositivo de alto nivel que maneje al CAN Controller y luego iniciar una secuencia de reinicialización.

En forma simplificada, los Passive Error Frames emitidos por un nodo en estado Error Pasive no perturban otras comunicaciones en la red, y por lo tanto no contribuyen al incremento de los contadores del resto de los nodos. Los errores ocurridos en transmisión aumentan TEC en ocho unidades, mientras que los errores ocurridos en recepción aumentan REC en una unidad. Además, cada transmisión o recepción exitosa reduce su respectivo contador en una unidad.

Higher Layer Protocols (HLPs)

El estándar CAN solo implementa las primeras dos capas del modelo OSI, es decir, proporciona herramientas para transferir pequeños paquetes de bits de un nodo a otro. Para dar un significado a estos paquetes de bits, facilitar la incorporación de nuevos nodos a la red y estandarizar los requerimientos y respuestas que deban implementar los dispositivos de alto nivel en cada nodo, es que surge la necesidad de establecer los protocolos de nivel superior que organicen las transmisiones de datos. En ambientes industriales existen iniciativas como CANOpen, DeviceNet, CanKingdom, etc. A su vez, en la industria automotriz, generalmente cada compañía fabricante de automóviles desarrolla su propio protocolo interno.

Implementación en CAN Controller MCP2515

El CAN Controller MCP2515 implementa el estándar CAN 2.0B a una velocidad máxima de 1 [Mb/s] mediante conexión con una unidad de procesamiento host por protocolo SPI de hasta 10 [MHz]. Para su utilización este integrado emplea un sistema de registros, los cuales son escritos o leídos desde el procesador host, a fin de configurar parámetros de la implementación del protocolo, así como la carga y almacenamiento de mensajes. Se implementa también un sistema configurable de filtrado y máscaras, a fin de permitir solo la entrada de mensajes de ciertas IDs.

Para notificar al procesador host de la llegada de mensajes, así como de algún suceso de error en el bus, el MCP2515 eleva una flag de interrupción en un pin dedicado. Es luego responsabilidad del sistema de alto nivel leer los registros necesarios para identificar el suceso y tomar las acciones necesarias.

El sistema tiene tres buffers de transmisión, donde se pueden cargar mensajes sin necesidad de ser enviados instantáneamente. En caso de que existan múltiples buffers con mensajes cargados y se solicite la transmisión, el buffer mayor será el primero en enviar. De igual forma posee dos buffers de recepción, cada uno con un sistema de filtrado independiente. Además de las notificaciones de transmisión y recepción, el integrado es también capaz de detectar y notificar las transiciones de estados del nodo en base a los registros TEC y REC.