

Controlador CAN

Alejandro Doménech
José Manuel Peña
Carles Cortés
Carlos Romero
Borja Miñana

Universitat Politècnica de València

aldomar1@epsa.upv.es
jopepe7@epsa.upv.es
carles@carles.cc
carroes@epsa.upv.es
borja44@gmail.com

ÍNDIX

	<u>Página</u>
0. Introducción	4
1. Capa física	6
2. Conceptos del bus CAN	7
2.1 Capa física	7
2.1.1 Topología bus	7
2.1.2 Nivel de señal	7
2.1.3 Conector CAN	9
2.1.4 Capas físicas más comunes CAN	9
2.1.5 Codificación de bits	10
3. Modos de operación de un transceptor CAN	10
3.1 Número máximo de nodos	10
3.2 Terminación del bus y aspecto de topología	11
4. Aplicaciones de los transceptores	12
4.1 Conclusiones	14
5. Capa de enlace	14
6. Implementación del CAN	15
6.1 Basic CAN	15
6.2 Full CAN	15
7. Especificaciones CAN 2.0A y CAN 2.0B	15
8. Tipos de trama	15
8.1 Trama de datos	16
8.2 Trama remota	17
8.3 Trama de error	17
8.4 Espacio entre tramas	17
8.5 Trama sobrecarga	17

información (Multimaestro) y pueden acceder al mismo tiempo al bus de datos (Multicast con sincronización), obviamente no será necesario ningún tipo de direccionamiento en este tipo de Bus pero los mensajes si que tienen una prioridad y són los nodos cuando reciben el mensaje los que deciden si deben procesarlo inmediatamente o no. Otras características importantes del bus CAN són la flexibilidad ya que se pueden añadir nodos sin que ello perturbe el funcionamiento de la red y gran fiabilidad de transmisión dado que el bus can posee una eficiente detección de errores y puede funcionar con condiciones extremas de ruido e interferencias. Las redes CAN pueden alcanzar 1000 metros de longitud ampliables con repetidores y su velocidad depende de la longitud de la red.

-El protocolo para CAN abarca las capas 1, 2 y 7 del modelo OSI (Física, enlace y aplicación).

SPECIFICATION	OSI-LAYER		IMPLEMENTATION
TO BE SPECIFIED BY THE SYSTEM DESIGNER	APPLICATION LAYER		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 10px;">CAN-PROTOCOL SPECIFICATION</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">SCOPE OF ISO 11893</div>	↑ DATA LINK LAYER ↓	LOGICAL LINK CONTROL	CAN-CONTROLLER e.g. PCx82C200
		MEDIUM ACCESS CONTROL	
	↑ PHYSICAL LAYER ↓	PHYSICAL SIGNALLING	CAN-TRANSCEIVER PCA82C250/251
		PHYSICAL MEDIUM ATTACHMENT	
		MEDIUM DEPENDENT INTERFACE	
	TRANSMISSION MEDIUM		JK512191.GWM

Note: OSI = Open Systems Interconnection (see ISO 7498)

CAPA FÍSICA

1. INTRODUCCIÓN:

La ISO 11898 es el estándar internacional para la comunicación de la alta velocidad en vehículo usando el protocolo de bus de Controller Area Network (CAN). El alcance de este estándar esencialmente es especificar la capa de enlaces de datos y la capa física del enlace de comunicación. La capa física se subdivide en tres subcapas:

Señalización física: (Codificación de bit, temporización y sincronización).

Unión del Medio Físico: (Características de drenaje y recepción).

Interfaz dependiente del medio: (Conector de bus)

La implementación de la capa de enlace de datos es típicamente ejecutada por un circuito integrado llamado el controlador del protocolo. La conexión al medio de la transmisión se proporciona vía una interfaz dependiente del medio es decir un conector usado para unir los nodos del bus a la línea del bus.

El protocolo que define el bus CAN se ajusta a la especificación OSI. CAN define sólo las dos capas más bajas: física y de enlace. Otras redes como SDS o DeviceNet proporcionan especificaciones de la capa de aplicación sobre la base de CAN.

El medio físico consiste en un cable de par trenzado y adaptada en los extremos. En la especificación básica de CAN, la velocidad máxima de transmisión es de 250 Kbps, mientras que en la versión ampliada alcanza velocidades de 1 Mbps.

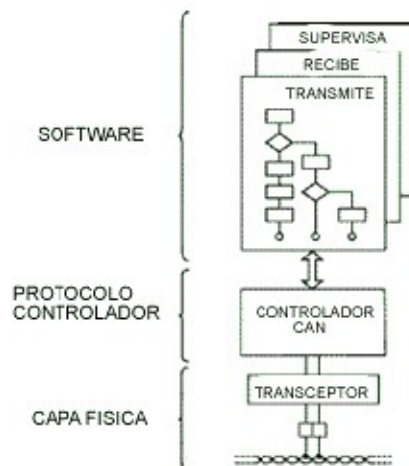


Figura 2: Componentes para implementar CAN [6]

La implementación básica de CAN (versión 1.0) presenta un fuerte acoplamiento entre el controlador CAN y la CPU. Los mensajes son difundidos por toda la red y son comprobados por la CPU de cada una de las estaciones que la forman. Este tipo de funcionamiento disminuye el aprovechamiento de la velocidad de transmisión de la red.

Un bus CAN puede tener un máximo de 32 nodos. El número de mensajes por segundo varía entre 2000 y 5000 en un bus de 250 Kbps, según el número de bytes por mensaje.

Para CAN existen muchas alternativas de capa física. La mayoría para medianas a altas velocidades de implementación usando dos alambres o un cable de par trenzado. También es posible una implementación con fibra óptica.

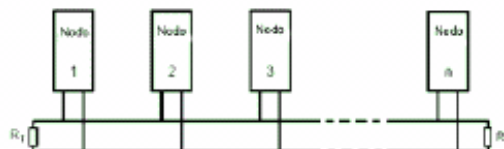
2. CONCEPTOS DEL BUS CAN:

2.1 Capa física:

El medio físico es una línea de bus de dos hilos con un retorno común que es terminada en ambos extremos por resistencias que representan la impedancia característica de la línea. La longitud máxima es 1 kilómetro. Se permite utilizar los dispositivos puente o los repetidores para aumentar el número de los nodos del bus que pueden ser conectados, o para aumentar la distancia permitida entre los nodos del bus o para proporcionar el aislamiento galvánico.

2.1.1 Topología Bus:

Los cables del bus pueden ser paralelos, trenzados y/o blindado, dependiendo de requerimientos de la capacidad electromagnética. La topología del cableado debe estar tan cerca como sea posible a una sola estructura de línea, para reducir al mínimo las reflexiones. Los segmentos del cable para la conexión de los nodos del bus deben ser tan cortos como sea posible, especialmente en tasas altas de bit. La topología es bus con derivaciones de corta longitud. Con pérdida de prestaciones en cuanto a velocidad o longitud máxima se pueden adoptar estructuras en estrella. El bus se cierra en los extremos con impedancias de carga (ver figura siguiente). El uso de los voltajes diferenciales permite que las redes CAN funcionen cuando una de las líneas de señales es separada:



2.1.2 Nivel de Señal:

En la especificación original de CAN, la capa física no fue definida, permitiendo diferentes opciones para la elección del medio y niveles eléctricos de transmisión. Las características de las señales eléctricas en el bus fueron establecidas más tarde por el estándar ISO 11898. En el siguiente gráfico observaremos los niveles absolutos de las líneas del bus con respecto a tierra, de acuerdo a la ISO 11898.

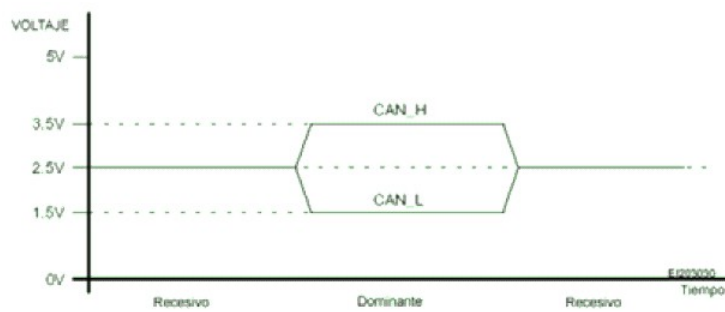
Tabla 1. Correlación entre la velocidad de transferencia, longitud del bus, material del bus e impedancia de la terminación

Longitud del bus	Cable del Bus		Resistencia de terminación del bus	Máxima tasa de datos
	Resistencia	Cable c.s.a.		
0 – 40 m	70 mΩ/m	0.25 – 0.34 mm ² AWG23, AWG22	124 Ω (1 %)	1 Mbits/s en 40m
40 – 300 m	<60 mΩ/m	0.34 – 0.6 mm ² AWG22, AWG20	127 Ω (1 %)	500 Kbits/s en 100m
300 – 600 m	<40 mΩ/m	0.5 – 0.6 mm ²	150 Ω a 300 Ω	100 kbits/s en 500m
600 m – 1 km	<26 mΩ/m	0.75 – 0.8 mm ² AWG18	150 Ω a 300 Ω	50 kbits/s en 1 km

Los nodos conectados al bus interpretan dos niveles lógicos denominados:

- Dominante: la tensión diferencial (CAN_H - CAN_L) es del que competen con el span de transmisión. Equivale al “0” lógico.

- Recesivo: la tensión diferencial (CAN_H - CAN_L) es del orden de 0V con CAN_H = CAN_L = 2.5V (nominales). Equivale al “1” lógico.



El bus CAN funciona independientemente de:

- Cualquiera de los dos alambres en el bus está cortado.
- Cualquier alambre se pone en cortocircuito a la alimentación.
- Cualquier alambre se pone en cortocircuito a tierra.

O en ambientes extremadamente ruidosos. Con un simple par trenzado, las entradas diferenciales del CAN eliminan el ruido efectivamente, dentro del rango de modo común.

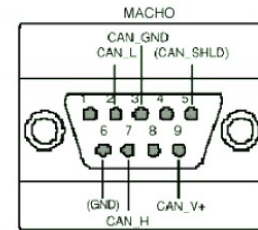
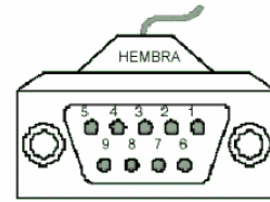
La longitud real de cualquier mensaje de CAN es siempre dependiente de los datos. El tiempo requerido para la transmisión en función del tamaño del mensaje y el tiempo del bit se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$C_m = \left[\left[\frac{32 + 8S_m}{4} \right] + 47 + 8S_m \right] T_{bit}$$

Luego se debe tener en cuenta en la elección del transceptor CAN, la dependencia del span y los tiempos necesario para comunicación en el bus.

2.1.3 Conector CAN

Pin #	Signal Names	Signal Description
1	Reserved	Upgrade Path
2	CAN_L	Dominant Low
3	CAN_GND	Ground
4	Reserved	Upgrade Path
5	CAN_SHLD	Shield, Optional
6	GND	Ground, Optional
7	CAN_H	Dominant High
8	Reserved	Upgrade Path
9	CAN_V+	Power, Optional



2.1.4 Las capas físicas más comunes de CAN

Varios dispositivos específicos de la capa física se han creado como estándares por muchas industrias. Estas interfaces CAN modificadas cumplen requisitos particulares que se adaptan al ambiente previsto y, en algunos casos, pueden incluir el cable shielding o las conexiones de energía adicionales. En la siguiente tabla observamos la descripción de transductores CAN, su tasa de transferencia, el tipo de cable, el área de aplicación y el tipo de transceptor.

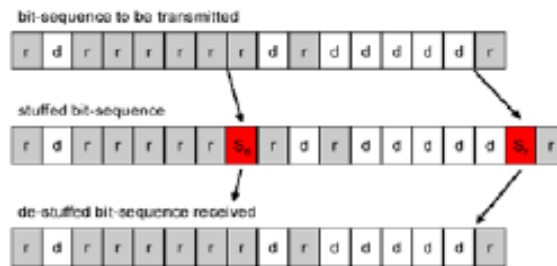
Nombre	Bit Rate	Descripción	Transceptor Típico	Área de Aplicación
High Speed	100K – 1M	2 wire, twisted pair	250 - type	General high speed distributed functions
SAE J1939 - 11	250K	2 wire, twisted pair, with shield	250 - type	Heavy truck, bus, construction
SAE J1939 - 12	250K	2 wire, twisted pair, shielded with integrated 12V power	250 - type	Agriculture
SAE J2284	500K	2 wire, twisted pair, unshielded	250 - type	Automotive – High speed, motion control
SAE J2411	25K 40K	1 wire.	SWC - type	Automotive – Low speed, human control
NMEA - 2000	62.5K, 125K, 250K, 500K, 1M	2 wire, twisted pair, shielded with integrated power	250 - type	Marine
DeviceNet	125K, 250K, 500K	2 wire, twisted pair, shielded with integrated 24V power	250 - type	Factory Automation
CANopen	10K, 20K, 50K, 125K, 250K, 500K, 800K, 1M	2 wire, twisted pair, optional shield, with optional power	250 - type	Factory Automation
SDS	125K, 250K, 500K, 1M	2 wire, twisted pair, shielded with optional power	250 - type	Factory Automation
Fault Tolerant	<125K	2 wire, twisted pair, unshielded	250 - type	Communicates with single wiring fault

2.1.5 Codificación de Bits

- Método NRZ (Non Return to Zero)

- *No hay flanco de subida o bajada para cada bit.
- *Durante el tiempo de bit hay bits dominantes (Low) y recesivos (High).
- *Disminución de la frecuencia de la señal respecto a codificación manchester.

Utiliza bit-stuffing que cada 5 bits retransmitido de un mismo valor se envía otro de valor contrario para evitar desincronización.



3. MODOS DE OPERACIÓN DE UN TRANSCEPTOR CAN:

El término transceptor se aplica a un dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones. Dado que determinados elementos se utilizan tanto para la transmisión como para la recepción, la comunicación que provee un transceptor solo puede ser semiduplex, lo que significa que pueden enviarse señales entre dos terminales en ambos sentidos, pero no simultáneamente.

El PCA82C250 y PCA82C251 proporcionan tres modos de operación diferentes. Proporcionan el control de modo a través de la entrada de control de Rs.

- El primer modo es el modo de alta velocidad que soporta una velocidad máxima de bus y/o la longitud.
- El segundo modo es el modo de control slope que debería ser considerado si los alambres del bus que serán usados no tienen malla de tierra.
- El tercer modo es el modo de reserva (stand-by) que es de gran interés en aplicaciones que se necesita ahorro de batería, cuando el consumo de energía del sistema necesita ser muy bajo. La reactivación del sistema es realizada por la transmisión de un mensaje.

3.1 Número máximo de nodos

Los transceptores PCA82C250 y PCA82C251 proporcionan una capacidad de drenaje de salida bajo a una carga mínima de $R_{L.min} = 45 \text{ Ohms}$. Si el PCA82C250 es usado, un voltaje de suministro de $V_{CC} > 4,9 \text{ V}$ se necesita para drenar una carga de $R_L = 45 \text{ Ohms}$. El número de nodos que pueden estar conectados a una red depende de la resistencia de carga mínima

que un tranceptor es capaz de conducir.

Para calcular el número máximo de nodos debemos hacer la siguiente relación.

$$\frac{R_{T.min} \times R_{diff.min}}{2R_{diff.min} + (n_{max} - 1) \times R_{T.min}} > R_{L.min} \Rightarrow n_{max} < 1 + R_{diff.min} \times \left(\frac{1}{R_{L.min}} - \frac{2}{R_{T.min}} \right)$$

3.2 Terminación del bus y aspecto de topología

Generalmente el estándar ISO 11898 de alta velocidad del CAN proporciona una estructura de línea única como la topología de red. La línea de bus es terminada a ambos extremos con un resistor de terminación única. Sin embargo, en la práctica alguna desviación de aquella topología puede ser necesaria para acomodar la longitud de cable apropiada p.ej unos metros. También una red de terminación modificada puede ser deseable en algunas aplicaciones p.ej para consideraciones relativas a EMC. Básicamente, es aconsejable especificar un límite superior para la longitud y un límite superior para la longitud supuesta acumulativa. La longitud acumulativa es la suma de toda la longitud de cable. Como regla empírica, la relación siguiente puede ser considerada para la longitud de cable:

$$L_u < \frac{t_{PROPSEG}}{50 \times t_p}$$

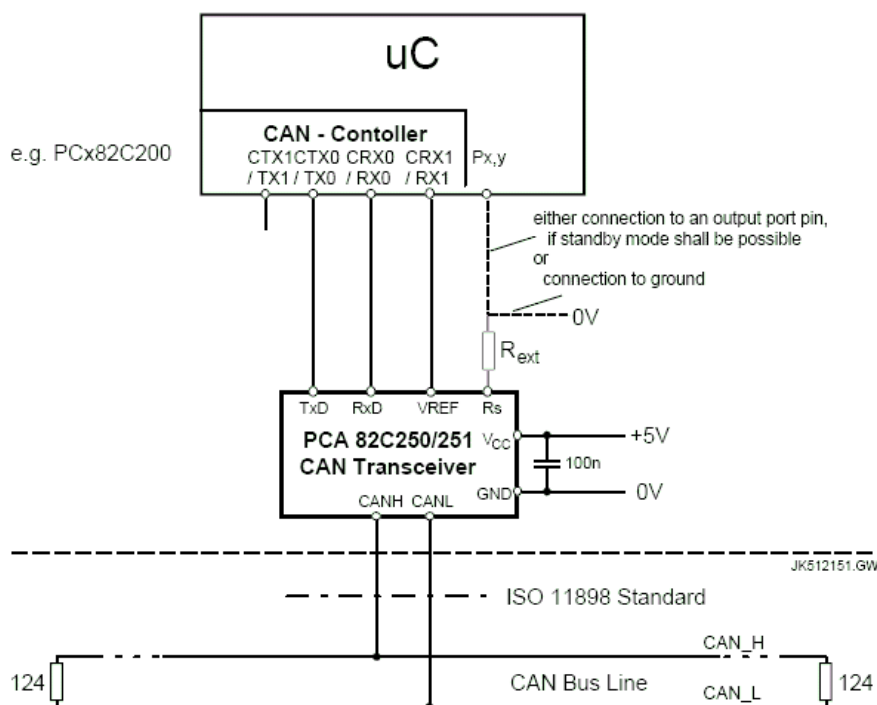
t PROPSEG : la longitud del segmento de propagación del período de bit.
tp: Es el retardo de línea específica por unidad de longitud (p.ej 5 ns/m).
Lu: Es la longitud del trozo de cable interterminado.

En cuanto a la longitud de drop acumulativa la siguiente relación puede ser considerada como regla empírica

$$\sum_{i=1}^n L_{ui} < \frac{t_{PROPSEG}}{10 \times t_p}$$

Además de esto, el retardo de propagación actual sobre la línea del bus debería ser calculada sobre la base de la longitud de línea total, es decir, cable de troncal más toda la longitud de cable de drop. Esto con eficacia conduce a una reducción de la longitud de cable de troncal máxima por la suma de la longitud de cable de drop actual acumulativa en una velocidad bit dada. Si las anteriores recomendaciones son encontradas, entonces la probabilidad de problemas de reflexión, como se considera, es bastante baja.

4. APLICACIONES DE LOS TRANCEPTORES PCA82C250/251



Una aplicación típica del transceptor PCA82C250/251 se muestra en la figura. El controlador CAN está conectado con el transceptor vía una línea de salida serial de datos (TX) y una línea de entrada serial de datos (RX). El transceptor se une a la línea del bus vía sus dos terminales CANH y CANL, que proporcionan capacidad de recepción y transmisión diferencial. La entrada Rs se utiliza para el propósito del control del modo de operación. La salida Vref del voltaje de referencia proporciona un voltaje de salida de 0,5 V_{ccnominal}. Ambos productos del transceptor se accionan con un voltaje de fuente nominal de +5V.

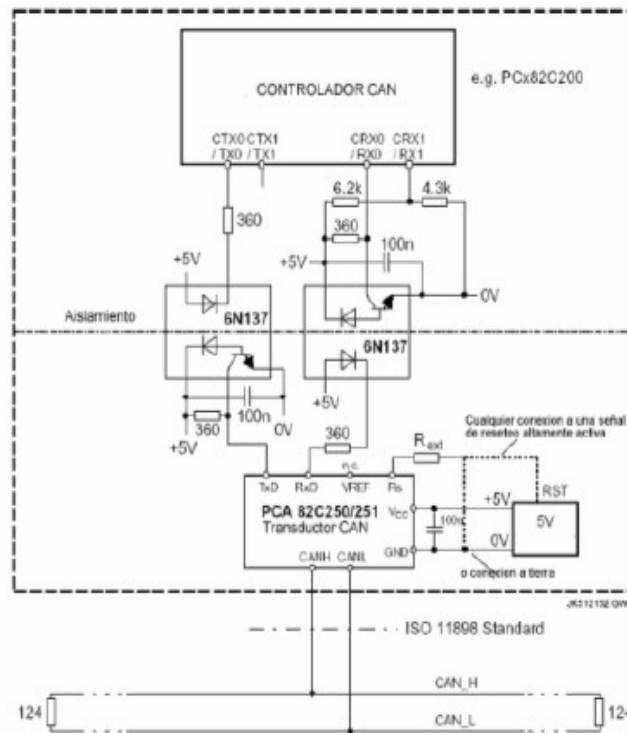
El controlador CAN entrega un flujo de datos de transmisión a la entrada de TxD del transceptor. Una función interna setea la entrada de TxD a la lógica ALTA, es decir, el driver de salida del bus es pasivo por defecto. En este estado recesivo las entradas de CANH y de CANL está predispuesta a un nivel de voltaje nominal de 2,5 V vía red de entrada del receptor con una impedancia interna de 17 kΩ típicos. De otra forma, si un nivel bajo lógico se aplica a TxD, este activa el estado de la salida del bus, así genera un nivel de señal dominante en la línea del bus. El driver de salida consiste de estado de salida drenaje y resumidero. CANH se une al estado de salida drenaje y CANL al estado de salida resumidero. El voltaje nominal en el estado dominante es 3,5 V para la línea de CAN_H y 1,5V para la línea de CAN_L.

La línea del bus esta en estado recesivo si ningún nodo del bus transmite un bit dominante, es decir, todas las entradas de TxD en la red son lógica ALTA. De lo contrario, si uno o múltiples nodos del bus transmiten un bit dominante, es decir, por lo menos una entrada de TxD es lógica BAJA, luego la línea del bus entra al estado dominante así interviene el estado recesivo (Característica de una lógica AND).

El comparador del receptor convierte la señal diferencial del bus a una señal de nivel lógica que corresponde a la salida en RxD. El flujo de datos recibido serial seproporciona al

controlador del protocolo del bus para su decodificación. El comparador del receptor esta siempre activo, es decir, este supervisa el bus mientras que el nodo del bus está transmitiendo un mensaje. Esto es requerido por razones de seguridad y para soportar el bit no destructivo por el esquema de la contención del bit CAN.

En casos donde el aislamiento galvánico es deseado, se pueden usar los llamados optoacopladores, entre el transceptor y el controlador de protocolo (ver siguiente figura). El optoacoplador es un dispositivo que se compone de un diodo LED y un fototransistor, de manera de que cuando el diodo LED emita luz, ésta ilumine el fototransistor y conduzca. Estos dos elementos están acoplados de la forma más eficiente posible.



Ejemplo de Aplicación para una interfaz de aislamiento galvánico usando optoacopladores.

Usando optoacopladores uno tiene que poner atención para elegir el estado por defecto correcto cuando la circuiteria en el lado de controlador de protocolo del aislamiento no es accionada. En tal caso el optoacoplador unido a Tx0 permanecerá off. Cuando este optoacoplador es desconectado, luego una lógica de ALTO NIVEL tiene que ser entregada a la entrada de Tx0 del transceptor para propósito de seguridad. También usando optoacopladores uno puede considerar unir la entrada de control de modo Rs a una señal de reset activa alta, por ejemplo deshabilitar el transceptor cuando el voltaje de suministro de transceptor local no está bien.

Sin embargo, al incorporar optoacopladores estos aumentan el retardo de lazo en un nodo del bus, si es colocado entre el transceptor y el controlador CAN. El origen de este retardo se produce debido a la comunicación de dos nodos y que ambos tengan componentes optoacopladores. La señal tiene que pasar entre estos dispositivos dos veces por nodo, es decir, el camino de transmitir y recibir, que con eficacia disminuye la longitud máxima alcanzable del bus en una velocidad binaria dada. Este hecho tiene que ser considerado calculando la longitud máxima alcanzable del bus debido al retardo de propagación en una bus CAN.

4.1 Conclusiones

Los PCA82C250 Y PCA82C251 son transceptores avanzados siendo convenientes para el uso en aplicaciones automotrices así como aplicaciones industriales generales con velocidades bit hasta 1 Mbit/s. Ellos soportan una representación de señal diferencial de bus como es descrito en el estándar internacional para aplicaciones de alta velocidad en vehículo (ISO 11898) usando el protocolo CAN.

También ambos productos son capaces de drenar a un número grande de nodos del bus, es decir, 64 a 100 por red, y longitud del bus de hasta aproximadamente 0,5 a 1 kilómetro, que es ventajoso principalmente en aplicaciones industriales generales tales como sistemas basado el CAB DeviceNet™.

CAPA DE ENLACE

5. INTRODUCCIÓN

El protocolo de comunicación CAN utiliza un control de acceso al medio tipo “CSMA/CD+CR” (Acceso múltiple con detección de portadora, detección de colisión más resolución de colisión) Ethernet utiliza una técnica de acceso al medio CSMA/CD detecta colisión, las tramas se destruyen i se retransmiten, CAN añade una característica adicional: la resolución de colisión.

CAN resuelve la colisión con la supervivencia de una de las tramas que chocan en el bus.

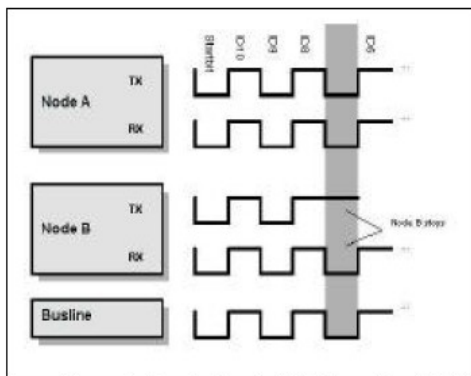


Figura 1: Resolución de Colisión en bus CAN

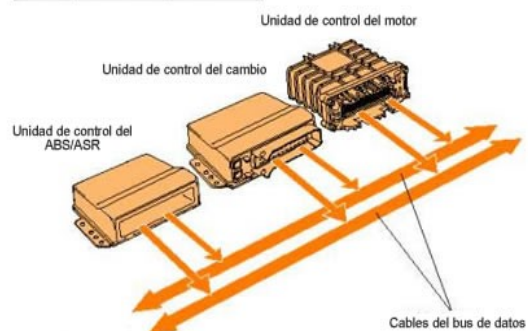
Además la trama superviviente es aquella a la que se ha identificado como de mayor prioridad. La resolución de colisión se basa en una topología eléctrica que aplica una función lógica determinista a cada bit Definiendo el bit *dominante* como equivalente al valor lógico '0' y bit *recesivo* al nivel lógico '1' se trata de una función AND de todos los bits transmitidos simultáneamente. Cada transmisor escucha continuamente el valor presente en el bus, y se retira cuando ese valor no coincide con el que dicho transmisor ha enviado, finalmente el mensaje con identificador de máxima prioridad sobrevive.

Esta técnica aporta la combinación de dos factores muy deseados en aplicaciones industriales: posibilidad de fijar con determinismo la latencia en la transmisión de mensajes entre nodos y el funcionamiento en modo multimaestro sin necesidad de control de acceso al medio, desde las capas de software de protocolo.

La prioridad forma parte del mensaje, en un campo determinado (identificador) este puede ser de 11 bit en el estándar CAN 2.0A y de 29 bits en CAN 2.0B.

Prioridad	Protocolo de datos	Campo de estado
1	Freno I	001 1010 0000
2	Motor I	010 1000 0000
3	Cambio I	100 0100 0000

Bit con	Valor	Validación
0 voltios	0	superior
5 voltios	1	inferior



6. IMPLEMENTACIÓN DEL CAN

Existen dos implementaciones hardware básicas, aunque la comunicación en ambas es idéntica y son compatibles entre sí. Esto permite administrar el uso del bus en función de las necesidades de cada nodo.

6.1 Basic CAN: El microcontrolador es interrumpido para tratar con cada uno de los mensajes del CAN. Cada nodo transmite únicamente cuando se produce un evento en alguna de las señales que le conciernen. Este modo de funcionamiento es adecuado para aquellos nodos encargados de manejar informaciones esporádicas, disminuyendo así la ocupación del bus.

6.2 Full CAN: Contiene dispositivos hardware adicionales para recibir y transmitir automáticamente los mensajes CAN, sin necesidad de interrumpir al microcontrolador asociado, reduciendo la carga del mismo. Este modo de funcionamiento está orientado a nodos encargados del manejo de información

7. ESPECIFICACIÓN CON CAN 2.0A Y CAN 2.0B

La capa 1 y capa 2 están descritas en la norma internacional ISO 11519-2 para aplicaciones de velocidad bajas y en ISO 11898 para aplicaciones de velocidad altas.

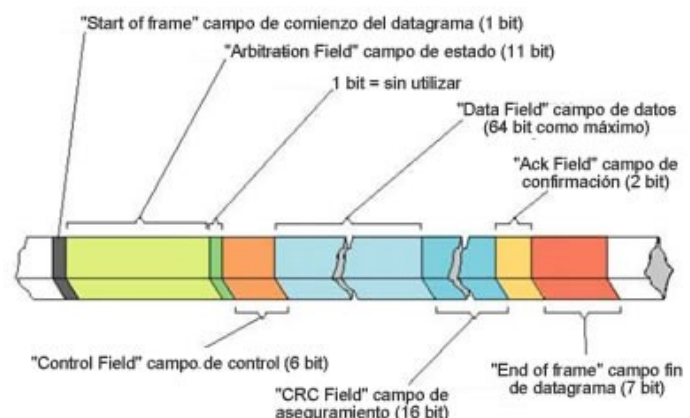
La diferencia entre CAN 2.0A y CAN 2.0B se localiza básicamente sobre todo en el formato del encabezado del mensaje del identificador. La especificación CAN 2.0A define sistemas CAN con un estándar de 11 bit del identificador (CAN estándar). CAN 2.0B especifica la trama extendida con 29 bits en el identificador (CAN extendido).

Los mensajes transmitidos desde cualquier nodo en una red CAN no contienen la dirección del nodo emisor ni la del nodo receptor. En vez de esto, los mensajes contienen una etiqueta identificativa, única en toda la red, que realiza esa función. Estos identificadores determinan la prioridad del mensaje. El mensaje de mayor prioridad gana el acceso al bus, mientras que los mensajes de menor prioridad se retransmitirán automáticamente en los siguientes ciclos de bus. Como consecuencia de esto, varios nodos pueden recibir y actuar simultáneamente sobre el mismo mensaje.

Esta estructura de los mensajes ofrece a la red una gran flexibilidad y posibilidad de expansión, ya que nuevos nodos pueden ser añadidos a la red sin la necesidad de hacer ningún cambio en el hardware ni en el software existente.

8. TIPO DE TRAMAS

En un bus CAN los nodos transmiten la información espontáneamente ante eventos en el nodo. La trama de interrogación remota sólo se utiliza para detección de nodos e información. Los mensajes pueden entrar en colisión en el bus, el de mayor prioridad sobrevivirá y los demás serán retransmitidos lo antes posible.



Trama de datos: Información útil que se transmite en "broadcast" a todos los demás nodos. Puede incluir entre 0 y 8 Bytes de información.

Trama de interrogación remota o trama remota es utilizada por un nodo para solicitar datos con la información asociada a un identificador dado. El nodo que disponga de la información definida por el identificador transmitirá una trama de datos.

Tramas de error: usadas para señalar al resto de nodos la detección de un error, invalidando el mensaje erróneo

Trama de sobrecarga: Indica que un nodo esta en sobrecarga y fuerza a los demás a alargar el tiempo entre transmisión de tramas.

Espaciado entre tramas: Las tramas se separan entre sí por una secuencia predefinida.

Bus en reposo: Cuando no se envían tramas, el bus mantiene constantemente el nivel recesivo.

8.1 Trama de datos

Una trama de datos es generada por un nodo CAN cuando transmite información. La trama es formada por los siguientes campos: Inicio de trama (SQF), arbitraje (identificador), control, datos, CRC, ACK, fin de trama (EQF).

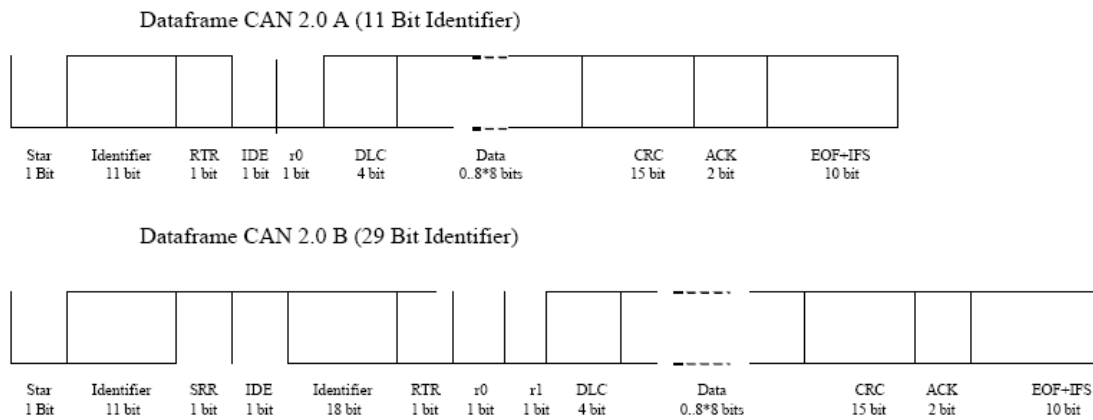


Figura 2. Trama de datos CAN

Inicio de trama (SQF): El inicio de trama es un campo de un solo bit siempre dominante que indica el inicio de la transmisión. Los nodos receptores se sincronizan con el flanco de bajada de este bit.

Arbitraje: El campo de identificación está formado por el identificador de mensaje (11 bits) más el bit RTR. En una trama de datos el bit RTR es dominante. En una trama remota es recesivo.

Control: El campo de control está formado por dos bits reservados para uso futuro y cuatro bits que indican el número de bytes de datos. En realidad el primero de estos bits (IDE) se

utiliza para indicar si la trama es de CAN Estándar (IDE dominante) o Extendido (IDE recesivo). El segundo bit (RB0) es siempre recesivo. Los cuatro bits de código de longitud (DLC) indican en binario el número de bytes de datos en el mensaje (0 a 8) de más significativo a menos significativo.

Datos: Es un campo formado por 0 a 8 bytes de datos.

CRC: Código de redundancia cíclica, que genera el transmisor por la división módulo 2 de todos los bits por el polinomio generador: $X^{15} + X^{14} + X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1$, el resto de esta división es el código CRC transmitido. Los receptores comprueban este código. Tras el código CRC se incluye un bit recesivo (delimitador de CRC)

Campo de reconocimiento (ACK): es un campo de dos bits que el transmisor pone como recesivos. El primero de estos bits se sobrescribe por un bit dominante de reconocimiento transmitido por los nodos que han recibido el mensaje correctamente. El bit de ACK queda así insertado entre dos bits dominantes de delimitación.

Fin de trama (EOF). Cierra la trama, consiste en 7 bits recesivos sucesivos mas el espaciado entre tramas (IFS) son 3 bits recesivos.

8.2 Trama remota

El formato es el mismo que la trama de datos pero con el bit RTR recesivo. No incluye datos. El identificador es el del mensaje que se solicita, el campo longitud corresponde a la longitud de ese mensaje.

8.3 Trama de error

Las tramas de error son generadas por cualquier nodo que detecte un error. Consiste en dos campos: Indicador de error ("Error Flag") y Delimitador de error. El delimitador de error consta de 8 bits recesivos consecutivos y permite a los nodos reiniciar la comunicación limpiamente tras el error. El Indicador de error es distinto según el error.

8.4 Espacio entre tramas

El espacio entre tramas separa una trama de la siguiente trama. El espacio entre tramas ha de constar de, al menos, 3 bits recesivos. Una vez transcurrida esta secuencia un nodo puede iniciar una nueva transmisión o el bus permanecerá en reposo. Para un nodo en estado error pasivo la situación es diferente, deberá esperar una secuencia adicional de 8 bits recesivos antes de poder iniciar una transmisión. De esta forma se asegura una ventaja en inicio de transmisión a los nodos en estado activo frente a los nodos en estado pasivo.

8.5 Trama de sobrecarga

Una trama de sobrecarga tiene el mismo formato que una trama de error activo. Sin embargo, la trama de sobrecarga sólo puede generarse durante el espacio entre tramas. De esta forma se diferencia de una trama de error, que sólo puede ser transmitida durante la transmisión de un mensaje. La trama de sobrecarga consta de dos campos, el Indicador de Sobrecarga, y el delimitador. El indicador de sobrecarga consta de 6 bits dominantes, el delimitador es de 8 bits recesivos.

Una trama de sobrecarga puede ser generada por cualquier nodo que debido a sus condiciones internas no está en condiciones de iniciar la recepción de un nuevo mensaje. Retrasa el inicio de transmisión de un nuevo mensaje.