IMPLEMENTACION DE UNA RED CAN PARA ROBOT MOVIL "FIREBOT"

Enrique Yamid GARZON GONZALEZ
Tecnología Electrónica, Universidad Distrital
eygarzong@udistrital.edu.co, Bogotá D.C., Colombia
y
Esperanza CAMARGO CASALLAS
Tecnología Electrónica, Universidad Distrital
ecamargoc@udistrital.edu.co, Bogotá D.C., Colombia

RESUMEN

En este documento describe los resultados obtenidos del proyecto de investigación denominado "Estudio, diseño e implementación de una red industrial para robot (FIREBOT) de detección de focos de incendio en zonas de difícil acceso como apoyo para grupos de rescate" perteneciente al grupo de investigación ROMA de la Universidad Distrital, en el cual se ha implementado una red industrial CAN (Control Area Network) sobre una plataforma móvil que permita la comunicación de sensores, actuadores y orientar el módulo de comunicación RF para supervisar y controlar el robot a partir de un sistema remoto controlado por la tarjeta NI PCI-CAN Serie 2, la cual es controlada a través de una interfaz usuario desarrollada en labview.

Cabe resaltar que las implementaciones realizadas por la utilidad del robot deben soportar altas temperaturas y ambientes corrosivos, explosivos, por lo que los sensores y dispositivos electrónicos fueron seleccionados cuidadosamente.

Palabras clave: Telemetría, CAN, I^{2}C, red industrial, transceptor,

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación "Estudio, diseño e implementación de una red industrial para robot (firebot) de detección de focos de incendio en zonas de difícil acceso como apoyo para grupos de rescate" utilizando la red CAN por ser una red serial, asíncrona, con arquitectura multi-maestro esclavo, que ofrece varias ventajas en capa física y altas tasas de transmisión así como su método de acceso al medio la cual añade una característica adicional: la resolución de colisión. En la técnica CSMA/CD utilizada en redes Ethernet ante colisión de varias tramas, todas se pierden, CAN resuelve la colisión con la supervivencia de una de las tramas que chocan en el bus. Además la trama superviviente es aquella a la que se ha identificado como de mayor prioridad.

Una vez definida la red a utilizar el prototipo es implementado en dos etapas.

La primera etapa es el acondicionamiento de sensores y actuadores, en esta la implementación de la red CAN en la plataforma del ROBOT FIREBOT la cual está compuesta por cuatro módulos que consisten en (Figura1):

- Modulo para sensores I^{2}C.
- Módulo para sensores de pulso.
- Módulo de control de motores.
- Módulo de transmisión de la comunicación RF.

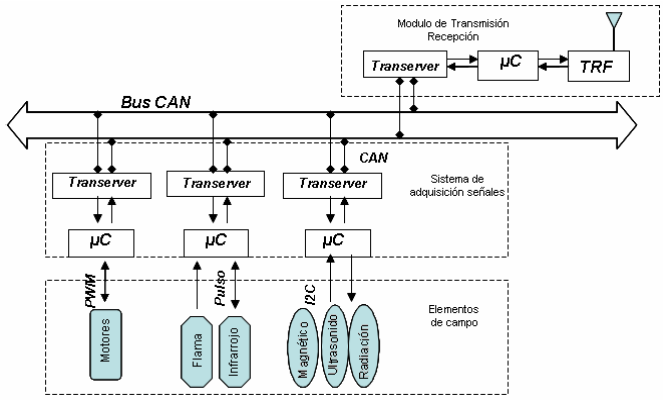

Figura1. Descripción en bloques del sistema que se montara sobre el robot "FIREBOT"

La segunda etapa es una interfaz de usuario desarrollada en labview para el control de motores de la plataforma y telemetría, la cual está compuesta por (Figura 2):

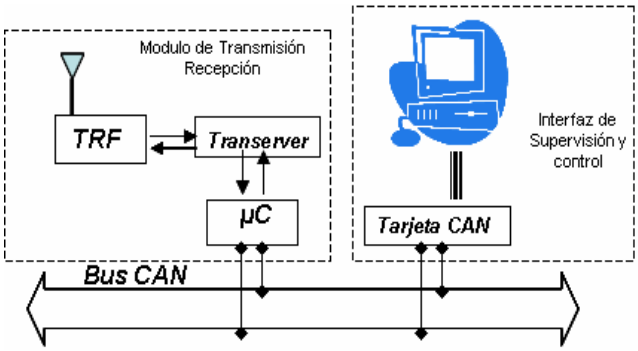

Figura 2. Descripción en bloques de la interfaz de usuario

- Módulo de recepción de la comunicación RF
- Interfaz independiente para el control de motores
- Interfaz gráfica a través de labview.

Todos estos módulos van interconectados a través de una red CAN, para lo cual fue necesario implementar unos microcontroladores PIC 18F4580 con comunicación CAN, para procesar y transmitir la información de cada uno de los módulos cumpliendo con especificaciones de robustez, flexibilidad requeridas por el ROBOT FIREBOT.

2. ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES Y ACTUADORES

Adecuación de Sensores I^2C.

Partiendo de que los sensores cuentan en su mayoría con módulos de comunicación I^2C y la red a implementar es CAN, fue necesario implementar un circuito que convierta la información suministrada por los sensores a protocolo CAN, para esto se utilizo el microcontrolador PIC 18F4580 ya que este cuenta con un módulo de comunicación CAN, lo cual permite el envío simple de mensajes, además se implemento un puente de radiofrecuencia para la telemetría del robot FIREBOT de igual forma con mensajes por medio de protocolo CAN.

Se realizó un programa que envía mensajes con el modulo CAN y la verificación de la información en un puerto del microcontrolador; el cual está en función del modulo.

Para el caso de la recepción de los mensajes se requiere programar el ID y en el caso de la transmisión el ID del microcontrolador para el que va dirigido el mensaje. (Tabla 1)

```
        if ( can_kbhit() )

      {

         printf("\r\n");

         if(can_getd(rx_id, &buffer[0], rx_len,
rxstat)) {

            if (rx_id == ID_B_PTC) {

               printf("Cambia                leds:
%X\r\n",buffer[0]);

               output_c(buffer[0]);

            }
```

Tabla 1. Código para configurar la recepción de mensajes.

Las funciones can_pud() y can_getd() están soportadas por la librería de configuración genérica para comunicaciones can de PICC “can-18xxx8.c” (Tabla 2)

Estas funciones diseñadas para transmitir y recibir búferes de datos en los mensajes, extrayendo o enviando sus respectivos identificadores para los destinatarios de la información.

```
      if ( can_tbe() && (ms > 1000))

      {

         ms=0;

         buffer[0]++;

         can_putd(ID_B_PTC, &buffer[0], 3, 1,
1, 0);

         output_c(buffer[0]);

         delay_ms(1000);

      }
```

Tabla 2. Código para configurar el buffer de los mensajes.

Para el desarrollo de este ítem, se implementó un diseño básico de prueba de un bus I^2C. Ver figura3

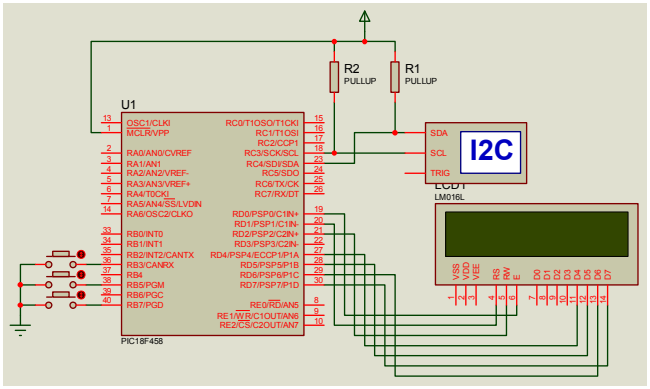

Figura 3. Esquema electrónico de lacomunicaciòn del microcontrolador con los sensores I^2C

Al activar un pulsador al cual corresponde el sensor, este suministra el dato en el bus I^2C, y se visualiza.

En este circuito, la petición y recepción de datos se hace por bus CAN. En la capa física, entre las líneas de CAN, se conecta un transceptor (MCP2551) por cada microcontrolador. El segundo mircrocontrolador al recibir la orden de datos por bus CAN, selecciona el sensor que se le pidió, y devuelve su lectura por CAN.

Plataforma móvil, direccionada y controlada por bus CAN.

La plataforma FIREBOT inicialmente se planteo como un sistema de control programable, para lo cual se abordaron bloques funcionales, estos bloques son (Figura 4)

- Control de programación
- Control de motores
- Potencia

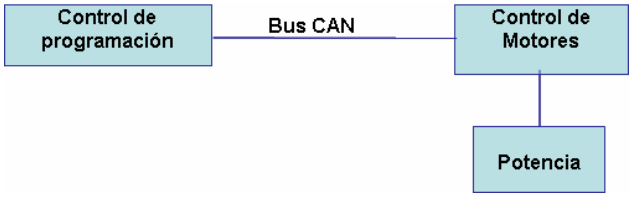

Figura 4. Diagrama de bloques del control de motores

Control de programación-El control de programación, es el bloque por el cual se ingresan las instrucciones de movilidad para la plataforma, se compone básicamente, por un teclado como entrada de usuario, una pantalla de visualización de menús, y un microcontrolador encargado del procesamiento de la entrada.

Este control toma las entradas y las codifica, salvo por las estructuras de seguridad y comprobación (son estructuras para permitir solo entradas validas. (Figura 5)

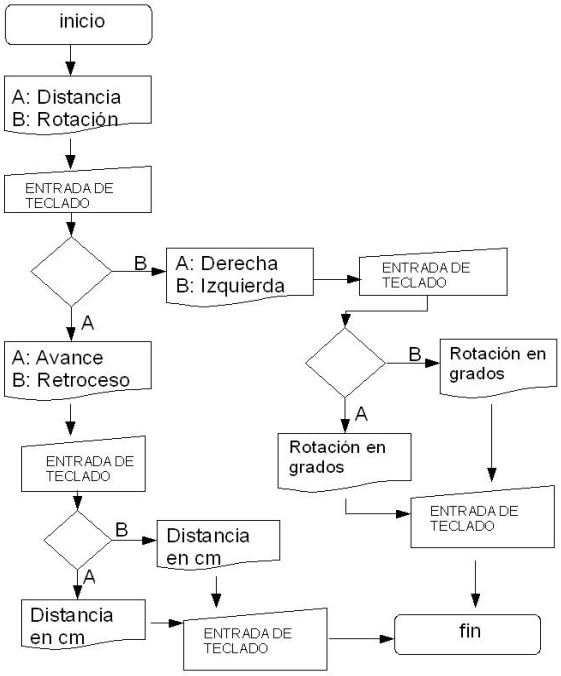

Figura 5. Diagrama de flujo Control de programación

El control dependiendo de las selecciones realizadas cambia un byte, codificando la información. Figura 6

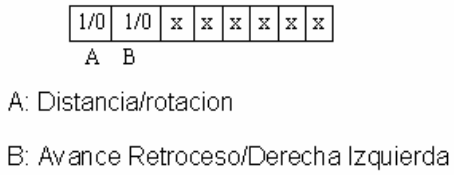

Figura 6. Estructura Byte de Control

Finalmente, se obtiene la distancia o la rotación, y se almacena en un Byte aparte, los 2 Bytes, se envían al receptor para la ejecución de las instrucciones.

Control de Motores- Este bloque, se encarga de ejecutar las instrucciones que se programan con el sistema de control de programación. Se contemplaron los sensores de distancia y rotación magnética para ejecutar los pasos.

Se realizaron pruebas sobre el motor con encoder funcional, para obtener la máxima frecuencia la forma de realizar el censo al interior del controlador se realiza a partir de interrupciones.

Potencia- Se evalúo el funcionamiento de uno de los motores con carga suficiente para detenerlo, en estas condiciones, el motor mostró que a 12V necesita una corriente nominal de 500mA, y en arranque puede llegar hasta 800mA. Bajo estos parámetros, se implemento un puente 'H', encapsulado. Debido a que los puente 'H' transistorizados, no son capaces de funcionar, bajo las mismas características en ambos sentidos de giro, en cambio el puente 'H' encapsulado es de bajo costo y capaz de manejar la potencia necesaria.

El CI que cumple con estas características es el L298, además de ser dual lo que permite controlar ambos motores con un solo CI, cada puente 'H' tiene un sistema para equilibrar las corrientes en ambos sentidos de giro, lo que permite que cada motor se mueva con la misma velocidad en cada dirección.

El rango de voltaje de este puente 'H' es desde 5V hasta 46V, lo que permite realizar cambios a medida que lo requiera la plataforma. Puede manejar corrientes de hasta 4A, lo cual es más que suficiente para alcanzan unos 1,6 A. para ambos motores.

3. MÓDULOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN RF

Módulo Transmisor De Radio Trf-2.4g

El módulo de radio TRF-2.4G (Figura 7) fabricado por Laipac Technology es un transceptor que trabaja en la banda de frecuencia reservada para uso no comercial ISM (Industrial Scientific and Medical) de 2.4 GHz. El transceptor está compuesto por una antena integrada, un

amplificador de potencia, un cristal oscilador y un modulador. La configuración del mismo es fácilmente programable a través de una conexión serie compuesta por tres cables. A través de la misma conexión son transmitidos y recuperados los datos que se envían por radio.

Figura 7. Fotografía del transceptor TRF-2.4G de Laypac Technology.

Son dos los modos en los que puede trabajar el transceptor de Laipac:

ShockBurst: en este modo de funcionamiento el módulo utiliza su buffer interno para almacenar la información recibida desde el microcontrolador a través de la conexión serie. Una vez el transceptor ha recibido todo el paquete de datos que va a enviar, calcula el CRC (Códigos de Redundancia Cíclica), y transmite la trama por radio a la velocidad con que se haya configurado. Este no requiere una velocidad alta en la conexión serie que comunica el micro con el módulo de radiofrecuencia para aprovechar todo el potencial de velocidad de transmisión del TRF-2.4G. Por otro lado, la emisión de datos a alta velocidad reduce tanto el riesgo de colisiones en el aire como el tiempo de requerimiento de altos niveles de potencia, minimizando considerablemente el consumo medio de corriente.

Modo directo: Funciona como los transmisores de RF estándar. A parte de la hoja de características aportada por el fabricante Laipac Technology, la documentación referente al TRF-2.4G, como puedan ser notas de aplicación, herramientas desarrolladas o documentos relevantes, es prácticamente inexistente. El motivo de este escaso soporte es el siguiente: El transceptor TRF-2.4G está construido a partir de un chip transceptor fabricado por otra empresa, NORDIC Semiconductor. La empresa Laipac ha cogido este chip, el nFR2401, y lo ha montado en un soporte incorporándole una antena y los componentes necesarios que facilitan su implementación en terceros circuitos.

Conexionado del TRF-2.4G

El fabricante NORDIC Semiconductor aporta el siguiente diagrama de conexión mostrado en la Figura 8, para acoplar su chip transceptor nRF2401, incorporado en el TRF-2.4G, a una interfaz SPI. Figura 8.

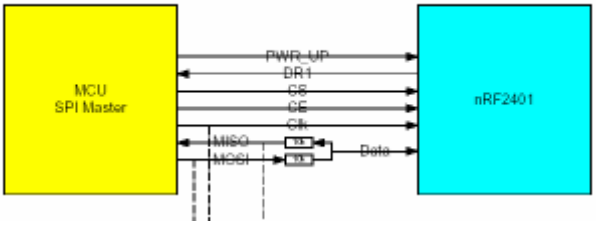

Figura 8. Diagrama de conexión entre el TRF-2.4G y el interfaz SPI.

El chip transceptor de NORDIC utiliza un único pin (pin Data) para la entrada de datos que se van a transmitir vía radio (modo emisión) y para la salida de datos que se hayan recuperados de una trama recibida con éxito (modo recepción). Su conexión física con los pines SDI y SCK de la interfaz SPI del microcontrolador posibilita el funcionamiento del chip tanto en modo emisor como receptor, según lo configure el micro que lo acompaña.

La alimentación del sistema (establecida en 3.3V) se encuentra dentro del rango admisible de tensiones soportadas por el chip transceptor, por lo que se ha implantado directamente el diagrama de conexión propuesto por NORDIC Semiconductor En la siguiente tabla se indica la correspondencia de pines en el enlace de conexión entre el microcontrolador y el transceptor TRF-2.4G Tabla 3.

PIN_B1	DATA
PIN_B0	DR1
PIN_B2	CLK1
PIN_B3	CS
PIN_B4	CE

Tabla 3. Configuración de pines en el enlace de conexión entre el microcontrolador y el transceptor TRF-2.4G

Los pines DR1, CS y CE del transceptor pueden ser conectados a cualquiera de los puertos libres del microcontrolador. No requieren una conexión a un pin con una función específica como ocurre en el caso de los pines DATA o CLK1. A través de Software se programo los pines correspondientes del microcontrolador a los que esté conectado el TRF-2.4G.

Implementación de los módulos TRF 2.4g

Teniendo en cuenta que esto solo fue posible después de avanzar con las pruebas de funcionamiento de los módulos de radiofrecuencia TRF2.4g para el enlace de RF estos módulos se caracterizan por tener una alta frecuencia de funcionamiento; se logro por medio de la librería “TRFMOD24G.c”, la transferencia efectiva de buffers de 6 bytes en intervalos de tiempo de aproximadamente 500us .

En esta etapa del desarrollo se creo una especie de puente de mensajes en donde el microcontrolador con un modulo CAN asociado al modulo de radio frecuencia se conviertio en un concentrador de mensajes, esto se logro programando un

rango amplio de direcciones en función de la recepción para que el microcontrolador transmita los mensajes íntegros por RF a un segundo microcontrolador con modulo CAN, este segundo microcontrolador coloca estos mensajes en el bus haciendo esta interfaz RF transparente para los nodos conectados en cualquier parte de la red.

La velocidad de transmisión de los módulos de RF estaban causando pérdidas de los mensajes transmitidos a través de RF lo cual fue un gran inconveniente, la solución a este problema fue utilizar una capa de aplicación encargada de hacer reenvió de paquetes en caso de pérdida de datos, esto agrego complejidad a la red pero también mucha confiabilidad ya que elimino los errores e inconvenientes que se estaban presentando por la velocidad del canal de transmisión.

Figura 9. Prototipo de tarjeta de recepción y transmisión de datos

4. INTERFAZ USUARIO

Implementación de la tarjeta NI PCI-CAN Serie 2.
El primer paso a seguir con esta parte del desarrollo es instalar la tarjeta en el PC de escritorio. Al instalarla en un puerto PCI disponible y encender el computador el sistema operativo hace la petición de los driver correspondientes a la tarjeta, en este punto instalan los drivers y se verifica en el administrador de dispositivos de LabView que la tarjeta aparezca correctamente instalada. Figura 10

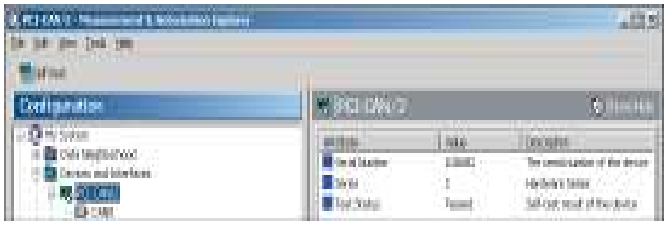

Figura 10. Ventana de configuración de la tarjeta NI PCI-CAN

Después de tener la tarjeta configurada correctamente ya es posible acceder al bus CAN desde la interfaz de LabView.

Se desarrollo un programa preliminar en LabView, el objetivo de este programa es comprobar la funcionalidad de la tarjeta de adquisición NI-CAN y verificar que los microcontroladores en efecto si tengan la capacidad de transmitir datos hacia la tarjeta, este objetivo se consiguió satisfactoriamente Figura 11.

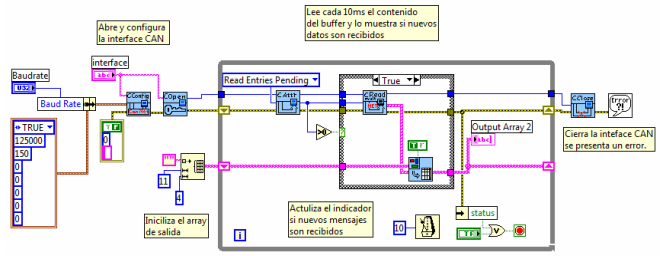

Figura 11. Esquema de configuración de la tarjeta NI PCI-CAN en Labview

Este programa recoge los datos producidos por los microcontroladores indicando información acerca del paquete de datos que estos envían, el programa ya cumple con sus funcionalidades completas para transmitir y recibir datos vía CAN desde y hacia los microcontroladores; lo que se busca con este software es que mediante esta interfaz de datos sea posible hacer la visualización de las medicines de los sensores y el control de motores del FIREBOT. Figura 12.

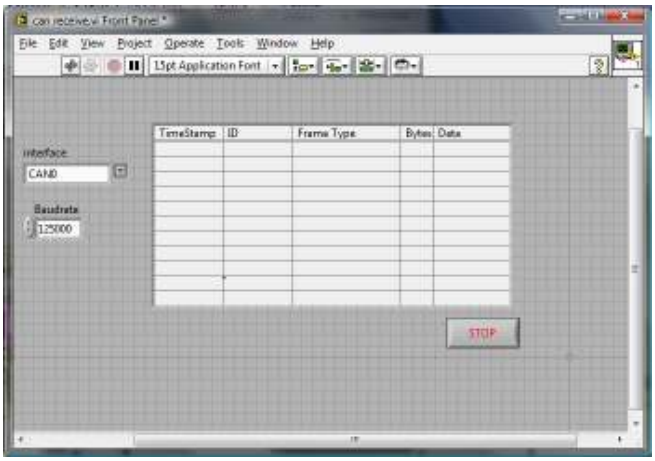

Figura 12. Visualización de las medicines de los sensores y el control de motores del FIREBOT

5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que es viable la utilización de esta red industrial, como alternativa de solución para la comunicación de los diferentes sistemas que pueda integrar el robot contra incendios FIREBOT.

El funcionamiento de los diferentes sistemas de captación de señales y al transmitir los mensajes a través del bus CAN completamente integrado, se resalta la correcta toma de la lectura por parte de los sensores y la veracidad de los datos que se envían a través del bus; esto asegura la estabilidad del sistema.

Ya que cada uno de los sensores en los módulos implementados posee una forma diferente de comunicar sus datos al exterior, se hizo necesario implementar un protocolo estándar para todo el proyecto, esto se logro por medio de una tarjeta PCI-CAN y los microcontroladores con comunicación CAN, manteniendo las características de velocidad y niveles de tensión.

Se implemento un módulo denominado "Módulo de transmisión y recepción TRF" consiste en un transceiver de radiofrecuencia que funciona a manera de repetidor, con esto se logra la interacción de manera transparente (como si las dos redes estuvieran unidas en una) entre los nodos del bus CAN.

La transmisión de paquetes CAN por RF con los TRF2.4G a través de la cubierta es prácticamente imposible mas allá de los 20 m ya que solo se reciben el 15% de los paquetes, aun usando un protocolo de validación de datos muy robusto la comunicación la comunicación seria lenta y de igual forma fallarían los paquetes enviados. Esto se debe al efecto que el metal de la cubierta del firebot ejerce sobre la señal de RF, básicamente esta actúa como jaula de faraday atenuando en gran medida la señal.

Se creó un programa en LabView capaz de recibir y transmitir datos a través de la tarjeta NI-CAN desde y hacia los microcontroladores adecuando los sensores I^2C como lo son la brújula magnética y el sensor de ultrasonido.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1]. RASHID M.H. (2003). "Electrónica de Potencia" Mexico: Prentice Hall.

[2]. Pallás Areny, R.**Sensores y acondicionadores de señal**. 4ª ed. Barcelona: Marcombo, 2007.

[3]. Doebelin, E. O.; "Measurement Systems : Application and Design", 3ª ed. New York: Mc-Graw-Hill, 1983.

[4]. Analog Devices : Linear Design Seminar. Norwood, MA, 1995.

[5]. Diego Oscar Blanco. Sensores acondicionadores y procesadores de señal. SILICA. 2001

[6]. Tindell K, "Calculating CAN response times", University of York, England 1995.

[7]. Sensores. Diciembre, 11, 2007. http://www.superrobotica.com/Sensores.htm

[8]. GR Tech S.A.C, Como funcionan los sensores de temperatura infrarrojos. Diciembre, 10, 2007. http://www.industriaaldia.com/articulos/70-5.pdf

[9]. Perez D, Sensores de distancia por ultrasonido. Agosto, 22, 2008 http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf

[10]. Kaschel, H., & Pinto, E. (2005). Análisis protocolar del bus de campo CAN. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.

[11]. OBD. (s.f.). OBDCenter. Recuperado el 24 de 10 de 2007, de http://www.obdcenter.com/consultas.php

[12]. Quezada J. (1999). Bus CAN: Estado de buses industriales y aplicaciones. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros.

[13]. Sirgo J.A. (1997). Redes locales en entornos industriales: Buses de campo. Oviedo: Universidad de Oviedo.

[14]. Super Robótica. (s.f.). superrobotica. Recuperado el 15 de Enero de 2008, de www.superrobotica.com: http://www.superrobotica.com