

Magistrala CAN-Bus w zastosowaniach mobilnych

Postęp w poszukiwaniu rozwiązań zmniejszenia ilości przewodów łączących elementy wyposażenia elektrycznego zaowocował pojawieniem się standardu cyfrowej szeregowej magistrali CAN-Bus. Jest to obecnie standard coraz chętniej stosowany przez projektantów wyposażenia elektronicznego w pojazdach. W artykule zostały zawarte podstawowe cechy magistrali CAN-Bus oraz znane autorom aplikacje.

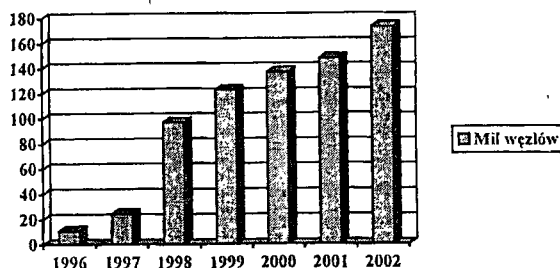
CAN-Bus in mobile applications

The progress in searching solutions for reducing numbers of connecting wires in electronic equipment, is appearing a digital standard serial bus - CAN-Bus. Currently it is standard, which is willingly used by car's electronic equipment designers. Article includes general CAN-Bus features and known applications.

1. WSTĘP

Rozwój automatyki i elektroniki wiązał się od zawsze z ilością połączeń elektrycznych. Były i są to przewody i kable. Wraz rozwojem i komplikacją instalacji elektrycznych następował rozwój koncepcji mających na celu ograniczenie ilości wykorzystywanych przewodów i kabli. To dążenie konstruktorów i projektantów wynikało z chęci uroszczenia konstrukcji, serwisu oraz obniżenia kosztów. Rozwój elektroniki cyfrowej przyczynił się do powstania układów szeregowej transmisji danych. Dla dużych obiektów jak fabryki, biura, państwa, kontynenty powstały systemy sieci cyfrowe. Należą do nich ETHERNET, Modbus Plus, Profibus, Interbus i wiele inny. Natomiast małe obiekty typu samochody osobowe, ciężarowe, autobusy, maszyny poligraficzne włókiennicze, prasy i inne, pojazdy wojskowe, samoloty duże i małe pozostawały na uboczu tego rozwoju. Konstruktorzy i projektanci poszukiwali rozwiązań które spełniły by wysokie wymagania niezawodnościowe urządzeń elektronicznych pracujących w trudnych warunkach klimatycznych w obecności wstrząsów i wibracji. Najwcześniej cyfrowe magistrale pojawiły się w wojskowych samolotach, dużych samolotach pasażerskich, czołgach, raketach, wahadłowcach i stacjach kosmicznych. Była to między innymi magistrala MIL STD 1553B. Rozwiązanie było jednak drogie i skomplikowane. Dążenie do prostoty i niskich kosztów spowodowało że wielu użytkowników wprowadziło do swoich konstrukcji specyfikację sieć opracowanej przez firmę BOSCH.

Na diagramie przedstawiona



jest ilość wyprodukowanych i przewidywanych różnych elementów sieci (węzłów) CAN-Bus na świecie (za CiA). Widać na nim że od 1998 rozpoczął się szybszy rozwój. Świadczy to o dużej atrakcyjności konstrukcji wykorzystujących sieci CAN-Bus.

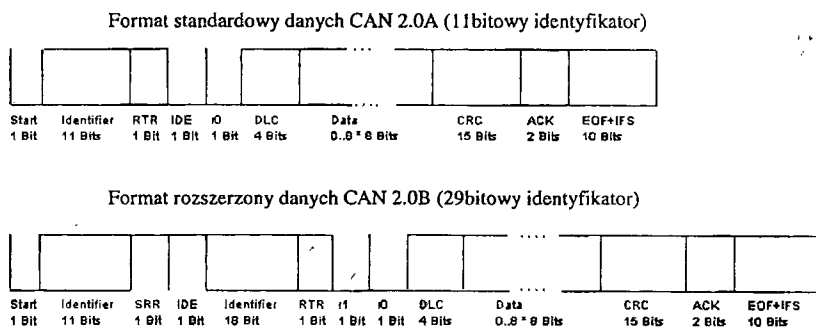
2. CO TO JEST CANBUS

CAN-Bus czyli Controller Area Network Bus jest szeregowym systemem przesyłania danych czasu rzeczywistego i transferze do 1Mb. CAN słynie ze swojej prostoty, niskiej ceny oraz wysokiej niezawodności transmisji, również w trudnych warunkach elektrycznych. CAN jest aktualnie standardem międzynarodowym udokumentowanym jako ISO 11898, który obejmuje warstwę fizyczną oraz data-link w odniesieniu do modelu ISO/OSI a układy scalone z protokołem CAN są dostępne u wielu producentów.

3.1. Ogólne informacje na temat protokołu CAN

3.1.1. Format komunikatu

W protokole CAN rozróżnia się dwa różne formaty ramek, oba składają się z identyfikatora oraz pola danych od 0 do 8 bajtów. Na rys. 1 przedstawiono oba formaty. Standard CAN w wersji 2.0A posiada 11bitowy identyfikator a rozszerzony CAN w wersji 2.0B poza 11 bitami identyfikatora posiada również rozszerzony 18 bitowy identyfikator. Oba formaty mogą jednocześnie pojawiać się na tej samej magistrali, jednak format standardowy ma zawsze wyższy priorytet. Sterowniki CAN obsługujące rozszerzony format mogą również wysyłać i odbierać komunikaty w formacie standard. Jednakże jeżeli w sieci są wyłącznie kontrolery CAN wspierające format standard to posiadają one możliwość rozpoznania rozszerzonego formatu lecz go ignorują. Wyłącznie kontrolery z rozszerzonym formatem mogą przekazywać dane w obu formatach.



Rys. 1 Format ramek w protokole CAN

3.1.2 Format standardowy (2.0A)

Standardowy format komunikatu składa się z siedmiu segmentów - pól

1. Pole SOF - sygnalizuje start ramki
2. Pole arbitrażu - składa się z 11 bitowego identyfikatora oraz bitu RTR (Remot Transmission Request). Identyfikator komunikatu jest używany do arbitrażu sterownia magistralą. Na przykład, jeżeli dwa układy zaczynają równocześnie nadawać to jeden z dominujących identyfikatorów zyska kontrolę nad magistralą będzie to układ który

posiada najniższą wartość identyfikatora. Bit RTR wskazuje czy komunikat jest ramką danych czy zapytaniem o dane. Jeżeli jest logiczną "1" to jest to ramka z zapytaniem o dane a jeżeli logicznym "0" to jest to ramka danych. Oznacza to iż ramka danych ma wyższy priorytet w stosunku do ramki z zapytaniem

3. Pole sterujące - składa się z r0 oraz r1, również nazywane jako IDE, które są bitami zarezerwowanymi, zawierają również kod długości danych. DLC (Data Length Code) zawiera długość podanego strumienia danych, który zmienia się pomiędzy 0 a 8 bajtów
4. Pole danych zawierające od 0 do 8 bajtów danych
5. CRC - zawiera 15 bitów dla sprawdzenia CRC oraz jeden bit ograniczenia przerwy
6. Pole potwierdzenia (ACK) zawiera 2 bity
7. Pole końca komunikatu - 3 bity które wskazują koniec komunikatu

3.1.3. Różnice między formatem standard a rozszerzonym

Główną różnicą w formacie 2.0B jest użycie 29 bitowego identyfikatora zamiast 11 bitowego. Rozszerzony format CAN jest teoretycznie w stanie składać się z ponad 500 milionów jednostek (węzłów sieci), gdzie dla formatu podstawowego może tylko około 2000.

3.1.4. Kompatybilność wstecz

Format rozszerzony (2.0B) jest kompatybilny wstecz i może wysyłać oraz odbierać format standardowy. Istnieją dwa rodzaje (typy) jednostki sterującej formacie standard:

1. Pierwotny - mogący wysyłać oraz odbierać tylko komunikaty w standardowym formacie. Odebranie rozszerzonego formatu spowoduje błąd i może spowodować zawieszenie systemu.
2. 2.0B pasywny - Wysyła tylko komunikaty w formacie standardowym ale może odebrać oraz ignorować komunikaty o rozszerzonym formacie bez wprowadzania do systemu błędów.

3.1.5. Niezawodność transmisji danych oraz wykrywanie błędów.

Wprowadzenie systemów bezpieczeństwa w zastosowaniach mobilnych a szczególnie w przemyśle samochodowym wymaga wysokiej niezawodności w transmisji danych. W tym przypadku niezawodność jest rozumiana jako niezawodność identyfikacji danych uszkodzonych spowodowane błędami transmisji. Muszą być one na tyle niezawodne aby nie uszkodzone dane były rozpoznane poprawnie przez system. Dla osiągnięcia tego w protokole CAN stosuje się trzy mechanizmy wykrywania błędów na poziomie komunikatów oraz dwa mechanizmy na poziomie bitowym:

| Techniki wykrywania błędów na poziomie komunikatów (wiadomości) | Techniki wykrywania błędów na poziomie bitowym |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • CRC (cykliczne redundantne sprawdzenie) • Sprawdzenie ramki • Błędy ACK (potwierdzenia) | <ul style="list-style-type: none"> • monitorowanie • wypełnienie bitowe |

Mechanizmami odpowiadającymi za wykrywanie pojawiających się błędów są:

- suma kontrolna (CRC),
- ramka (niektóre bity wewnątrz ramki są zawsze spodziewane),

- ACK (potwierdzenia),
- bit wypełnienia (po pięciu kolejnych bitach o tym samym poziomie logicznym wtedy jednostka CAN dodaje bit o przeciwnej logice. Błąd pojawia się wtedy gdy nadajnik-odbiornik wykryje sześć kolejnych bitów o tej samej wartości),
- zmiana bitu próbki wychodzącego sygnału (jeżeli nadajnik nie widzi wartości które wysyła wtedy generuje błąd).

3.2 Jak działa CAN

3.2.2 Zasady

Komunikat danych wysłany z dowolnego węzła magistrali CAN nie zawiera ani adresu węzła transmisji ani planowanego węzła odbioru. Komunikat jest opatrzony etykietą identyfikatora który jest unikalny w całej sieci. Wszystkie pozostałe węzły sieci odbierają komunikat i każdy przeprowadza test akceptacji na identyfikatorze by ustalić czy komunikat oraz jego zawartość odnosi się do tego szczególnego węzła. Jeśli jest z nim powiązany, będzie przetworzony. W innym przypadku zostanie zignorowany. Unikalny identyfikator również określa priorytet komunikatu. Im niższa wartość numeryczna identyfikatora tym niższy priorytet. W przypadku gdy dwa lub więcej węzłów próbują nadawać w tym samym czasie, technika arbitrażu nie-destrukcyjnego (bez utraty danych) gwarantuje, że komunikaty są wysłane w porządku priorytetu oraz nie ulegają zgubieniu.

3.2.2. Kodowanie bitowe

CAN używa kodowania Bez Powrotu do Zera (NRZ) z wypełnieniem bitowym dla komunikacji danych na zróżnicowanej magistrali dwu przewodowej. Użycie kodowania NRZ zapewnia że komunikaty są krótkie z minimalną liczbą przejść oraz wysoką odporność na zakłócenia zewnętrzne.

3.2.3. Fizyczna magistrala

Dwu przewodowa magistral to zwykle para skrętna (ekranowana lub nieekranowana). Płaska para kabla (typ telefoniczny) również się nadaje ale wytwarza więcej szumu i może być bardziej podatna na zewnętrzne źródła zakłóceń.

3.2.4. Wytrzymałość

CAN może pracować w bardzo ciężkich warunkach a rozbudowane mechanizmy sprawdzania błędów zapewniają wysoką niezawodność wykrywania błędów transmisji.

Norma ISO11898 „Zaleca” aby projektowane układy interfejsu magistrali były odporne na uszkodzenia typu: przerwanie się, zwarcia do zasilania lub masy któregoś z przewodów magistrali.

3.3.5. Elastyczność i rozwój sieci

Zorientowana na zawartość komunikatu natura CAN zapewnia wysoki stopień elastyczności konfiguracji systemu.

Nowe węzły, które są w całości odbornikami i które potrzebują tylko istnienia transmisji danych, mogą być dodane do sieci bez potrzeby jakichkolwiek zmian w sprzęcie czy oprogramowaniu. Komunikaty z czujników pomiarowych wykorzystywane przez więcej niż jeden sterownik mogą być przesłane przez magistralę raz i nie ma potrzeby ich wysyłania

dwoma komunikatami ani stosowaniu oddzielnych czujników pomiarowych, dla każdego sterownika indywidualnie.

3.2.6. W jaki sposób działa arbitraż na magistrali CAN

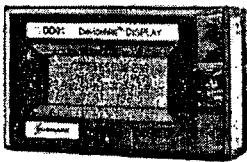
W każdym systemie występują grupy parametrów zmieniających się szybciej oraz grupy zmieniające się wolniej. Przykładem szybko zmieniającego się parametru może być prędkość obrotowa silnika w samochodzie. Wolniej zmieniający się parametr to na przykład temperatura płynu chłodzącego w chłodnicy. Prawdopodobnie parametry których wartość jest szybko zmienna wymagają częstszego przesyłania i z tego powodu muszą mieć nadany wyższy priorytet. Do ustalenia priorytetu komunikatu CAN używa metody znanej jako Carrier Sense. Jest to wielokrotny dostęp z wykrywaniem kolizji (CSMA/CD) ale z polepszoną zdolnością arbitrażu nie-destruktywnego zapewniającą unikanie kolizji i maksymalne wykorzystanie możliwości magistrali.

3.2.7. Korzyści

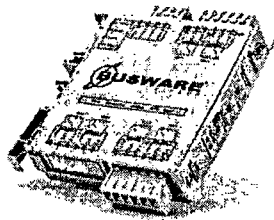
Arbitraż bez utraty danych zapewnia dopasowanie przesyłanych komunikatów do wymagań czasowych i ilościowych. Zapewnia poprawną pracę przy występujących zakłóceniach. Transmisje wykonywane są zgodnie z ich priorytetem, z minimalnym opóźnieniem, oraz z maksymalną możliwą do osiągnięcia przepustowością magistrali.

3. PRZEGLĄD DOSTĘPNYCH ELEMENTÓW SIECIOWYCH CANBUS

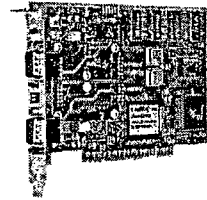
Na rynku z roku na rok dostępnych jest coraz więcej urządzeń, czujników, przetworników itd. współpracujących z CAN-Bus'em. Poniżej zostały zaprezentowane niektóre z nich:



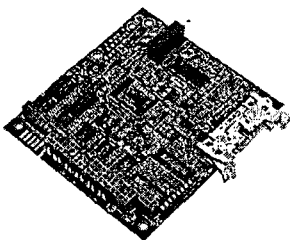
DeviceNet – Wyświetlacz



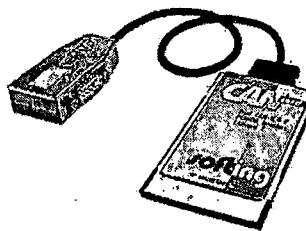
DeviceNet - 6 kanałowy moduł wejściowy RTD



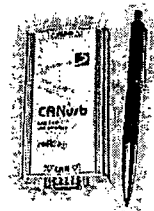
CAN-ACx- karta sterująca po magistrali PCI



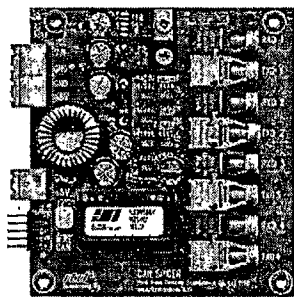
CAN-ACx- z rodziny sterowników PC-104



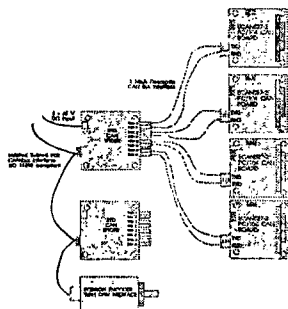
CANcard PCMCIA



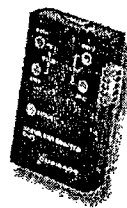
Konwerter CAN-USB



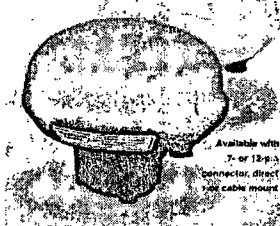
Światłowodowy Hub
CANbus



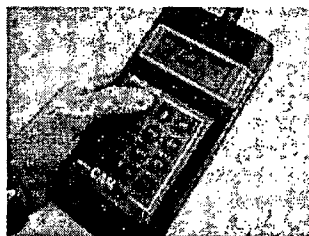
Światłowodowy Hub –
CANbus Schemat blokowy



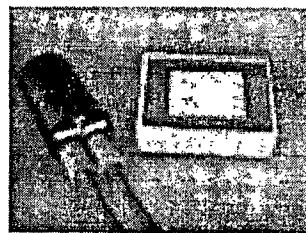
DeviceNet Adapter portu
szeregowego RS232



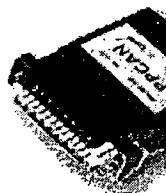
Inteligentna antena GPS



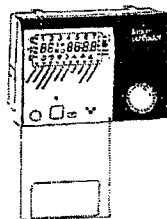
Can wizard - przenośne
urządzenie do komunikatów
na magistrali CAN



Licznik obrotów



Adapter portu równoległego CAN-Bus



Regulator obiegów kotłowy, 2
obiegów grzewczych i ciepłej
wody z magistralą CAN-Bus

4. GDZIE OBECNIE JEST STOSOWANA I GDZIE MOŻE ZNALEŹĆ ZASTOSOWANIE

Dotychczas sieć CAN-Bus znalazła wiele zastosowań. Poniżej przedstawione są dziedziny w których Sieci te już są stosowane.

- Samochody osobowe i ciężarowe
 - Sterowanie silnikiem
 - Zarządzanie układami elektronicznymi ABS itp.
 - Zarządzanie pracą urządzeń audio – video i nawigacji
 - Podsystemami dodatkowymi (agregaty hydrauliczne itp.)

- Diagnostyka
- Ruch i Transport publiczny
 - Transport kolejowy osobowy i towarowy
 - Sterowanie pracą sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach
 - Informacja drogowa na autostradach
 - Informacja na dworcach i lotniskach
- Maszyny samojezdne
 - Systemy sterowania i nawigacji na statkach
 - Samoloty i helikoptery
 - Maszyny rolnicze
 - Maszyny drogowe
- Przemysłowe systemy kontrolno sterujące
 - Sterowanie fabrykami
 - Sterowanie maszynami
 - Joystick'ami
 - Przesyłem sygnału między joystick'iem a elektronicznymi układami sterującymi
 - Przesyłem sygnału między sterownikami a zaworami hydraulicznymi
 - Nadzorowanie pracą układów pozycjonujących otwieraniem przepływu medium
 - Kontrolą ruchu i wielkości wysunięcia siłowników hydraulicznych
 - Maszyny papiernicze
 - Maszyny tkackie
 - Maszyny paczkujące
 - Sterowanie robotami
 - Połączenia między maszynami
 - Systemy nadzorujące
- Urządzeniami w inteligentnych budynkach
 - Sterowaniem pracą wind
 - Sterowanie zasłonami w oknach
 - Sterowanie systemem wentylacji pomieszczeń
 - Klimatyzacja (chłodzenie i ogrzewanie)
 - Sterowanie oświetleniem
 - Integracja pokoju nadzoru
 - Sterowanie mechanizmami sceny (teatralnej, widowiskowej, kinowej)
- Specjalne aplikacje
 - Aparatura medyczna
 - Teleskopy astronomiczne
 - Symulatory lotnicze i inne
 - Aparatura fizyki wysokich energii
 - Integracja aparatury pomiarowej w laboratorium
- Sieci scalone z mikrokomputerami
 - Wewnętrzne magistrale aplikacji
 - Automaty do sprzedaży napojów papierosów itp.
 - Maszyny do gry
 - Maszyny biurowe
 - Kserokopiarkami
 - Zabawki dla dzieci

5. WNIOSKI

Obserwacja rozwoju sieci CAN-Bus przyniesie na pewno wiele ciekawych informacji, a jej rozwój będzie się odbywał z rosnącą szybkością. Na razie nie ma standardu sieci który mógłby konkurować z siecią CAN-Bus w zastosowaniach mobilnych. Coraz powszechniejszy rozwój techniki cyfrowej i konkurencja zaowocuje pojawieniem się układów o nowych możliwościach i bardzo atrakcyjnych cenach co jeszcze bardziej upowszechni standard CAN-Bus.

LITERATURA

- [1] CAN Specification VER. 2.0 1991, Robert Bosch GmbH, Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1
- [2] Copyright © 1996 - 2000. M J Schofield. Email: mschofield@cix.compulink.co.uk
- [3] CAN Bus Industrial Applications authored by Leisa Morello, Brian Christie, Geordie Plumb and Tom Swann
- [4] Signal Specifications - authored by Leisa Morello, Brian Christie, Geordie Plumb and Tom Swann
- [5] CAN wizard Racelogic Ltd., 6 Little Balmer, Buckingham Industrial Park, Buckingham.
- [6] Controller Area Network - How CAN Works Copyright © 1996 - 2000. M J Schofield