

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Sieci CAN (Controller Area Network)

dr inż. Jędrzej Mączak

Literatura:

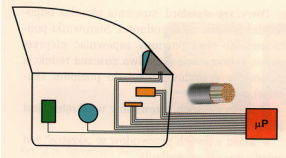
- Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych. Informator R.Bosch GmbH.WKiŁ., 2008
- Zimmermann, W. Schmidgall R. Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy. WKiŁ. 2008
- Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik serwisowy. Nr 5/2005. Wydawnictwo Instalator Polski
- CAN Specification. Version 1.2. Robert Bosch GmbH www.semiconductors.bosch.de/pdf/can2spec.pdf
- Normy ISO 11898-1,2,3

1

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

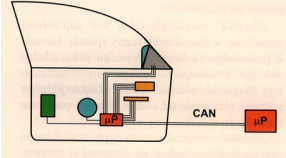
ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Porównanie liczby przewodów w sterowaniu osprzętem drzwi



a)

Bez wykorzystania sieci wymiany informacji



b)

Z wykorzystaniem sieci wymiany informacji

2

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH



- 11,136 komponentów elektrycznych i elektronicznych
- Pokładowa sieć 2119 przewodów o łącznej dług. 3 860 m
- 61 połączonych ze sobą **układów sterujących**
- 31 **układów sterujących** z możliwością diagnozowania przez złącze diagnostyczne
- Sieć światłowodowa do wymiany informacji i rozrywki (infotainment)
- 35 **układów sterujących** w sieci CAN wymieniających ok. 2500 informacji w 250 pakietach CAN

3

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Historia sieci wymiany danych w pojazdach

1981 Opracowanie protokołu **CAN** do celów przemysłowych.

1983 Rozpoczęcie prac przez firmę Bosch nad zastosowaniem **CAN** w pojazdach.

1985 Początek kooperacji między Boschem i Intellem w celu opracowania układów elektron.

1988 Pierwsze chipy **CAN** dostępne od Intelta. Daimler-Benz rozpoczyna implementację **CAN** w pojazdach. Wydanie publikacji **CAN 2.0**

1991 Pierwsze użycie protokołu **CAN** w modelu produkcyjnym Mercedes Benz. W tym czasie CAN jest szeroko używany w przemyśle (**CAN in Automation – CIA**).

1993 Publikacja standardu ISO11898

1995 Standard ISO 11898 zostaje zmieniony i uzupełniony o nowy rozszerzony format ramki.

1999 Audi, BMW, DaimlerChrysler, Motorola, VW i Volvo wprowadzają sieć Local Interconnect Network, **LIN**. Jest to lokalna podsieć sterująca klimatyzacją, dachem otwieranym itd. **LIN** jest magistralą na pojedynczym przewodzie miedzianym bez ekranu. Zyskuje akceptację na rynku z uwagi na niską cenę i odporność na błędy transmisji.

2001 Magistrala **CAN** jest używana również do obsługi napędu i nadwozi małych pojazdów.

2002 Zastosowanie sieci optycznych w pojazdach wyższej klasy. Transmisja sterowania, wizji i dźwięku w systemach audio i danych w serii 7 BMW. Sygnały są przesyłane łącami światłowodowymi. Szybki transfer danych, np.:

- **D2B Optical** (DaimlerChrysler): 5.65 Mbit/s;
- **MOST**, Media Oriented Systems Transport: 22.5 Mbit/s;
- **Byteflight** (BMW): 10 Mbit/s.

2003 Audi wprowadza technologię **Bluetooth** w nowym modelu A8 model. Pozwala ona na bezprzewodową wymianę informacji między modulem telematyki i mobilnym odbiornikiem.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Układ adaptacyjnej kontroli jazdy (Adaptive Cruise Control) Audi A8 (2003 ->)

- 1: Czujnik prędkości jazdy
- 2: Centralny sterownik układu komfortu jazdy
- 3: Sterownik śledzenia przyczepy
- 4: Sterownik układu kierowniczego
- 5: Sterownik wyświetlacza deski rozdzielczej
- 6: Przekładnik prędkości (speed transmitter)
- 7: Układ hydrauliczny ABS i sterownik ESP
- 8: Czujnik temperatury zewnętrznej
- 9: Czujnik i sterownik rozpoznający odległość od przeszkody
- 10: Sterownik dostępu uruchamiania pojazdu
- 11: Interfejs diagnostyczny
- 12: Sterownik Motronic
- 13: Sterownik przekładni automatycznej
- 14: Sterownik wyświetlania informacji i moduł sterowania
- 15: Sterownik multimediów
- 16: Sterownik sieci pokładowej
- 17: Przetwornik kąta obrotu kierownicy

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Wykorzystanie sieci wymiany danych w pojazdach

CAN Controller Area Network
GPS Global Positioning System
GSM Global System for Mobile Communications
LIN Local Interconnect Network
MOST Media-Oriented System Transport

■ CAN
■ LIN
■ MOST (14.5 Mb/s)

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Komunikacja pomiędzy podzespołami mechanicznymi i sterownikami przy zastosowaniu magistrali cyfrowej (VW Passat)

- System EPB (elektryczny hamulec postojowy)
- Siłownik hamulca „ręcznego” asystent ruszania
- Auto Hold (postój na światłach)

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: zd@zsm.pw.edu.pl, www.zsm.pw.edu.pl

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Połączenia sterowników magistralami CAN i LIN
Skoda Octavia (II generacja)

- Magistrale CAN:**
 - CAN-diagnostyczna
 - CAN-comfort
 - CAN-napęd
 - CAN-kombi (wskaźniki)
- Magistrale LIN:** (Local Interconnect Network)
 - kierownica wielofunkcyjna
 - zabezpieczenia pojazdu
 - wycieraczki

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: zd@zsm.pw.edu.pl, www.zsm.pw.edu.pl

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Magistrale cyfrowe CAN
Skoda Octavia (II generacja)

Magistrala CAN-kombi (wskaźniki)
Prędkość transmisji 500 kbit/s
Magistralą CAN-kombi odbywa się komunikacja tylko między układem gateway i zestawem wskaźników.

Magistrala CAN diagnostyczna (od 2008 we wszystkich pojazdach!)
Prędkość transmisji 500 kbit/s
Magistrala CAN diagnostyczna służy do wymiany danych między testerem i układem gateway.

Magistrala CAN-napęd
Prędkość transmisji 500 kbit/s

Magistrala CAN-komfort
Prędkość transmisji 100 kbit/s

Magistrala CAN-infotainment
Prędkość transmisji 100 kbit/s

- sterownik sieci pokładowej,
- centralny sterownik układu komfortowego,
- sterownik elektronicznej kolumny kierownicy.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: zd@zsm.pw.edu.pl, www.zsm.pw.edu.pl

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Klasyfikacja sieci pokładowych pod względem szybkości przesyłu informacji (SAE)

Klasa A komunikacja elektroniki pokładowej (światła, kierunkowskazy, silowniki foteli itp.)
szybkość przesyłu <10 kbit/s

Klasa B urządzenia wymagające szybszej transmisji (klimatyzacja)
szybkość przesyłu ~40 kbit/s

Klasa C wymagany transfer w czasie rzeczywistym (sterowanie silnika, skrzyni biegów, układy ABS, ESP itp.)
szybkość przesyłu 250 kbit/s-1 Mbit/s

Klasa D przesył dużej ilości danych (multimedia)
szybkość przesyłu 100 kbit/s – 10 Mbit/s

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochb.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

10

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Model warstwowy OSI (Open-System-Interconnect) stosu protokołów transmisyjnych do systemu transmisji danych (sieci danych)

Opracowany przez ISO, opisuje hierarchię zadań przy transmisji

Warstwa		Zadanie	
7	Aplikacji (zastosowań)	Application	Ogólnie stosowane usługi dla użytkowników, np. odczyt pamięci błędów sterownika
6	Prezentacji	Presentation	-
5	Sesji	Session	-
4	Transportowa	Transport	Formowanie i rozpakowanie ramek danych
3	Sieciowa	Network	Routing, przydział adresu, identyfikacja i nadzór uczestnika (węzła sieci)
2	Łączny danych	Data link	Formowanie komunikatów, dostęp do magistrali, kontrola poprawności, kontrola przepływu
1	Fizyczna	Physical	Poziomy sygnałów elektrycznych, kodowanie bitów
0	Mechaniczna	Mechanical	Złącza i kable

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochb.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

11

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Model warstwowy OSI (Open-System-Interconnect) dla CAN

The diagram shows the mapping of CAN bus layers to the OSI model:

- Layer 7:** Application Layer
- Layer 6:** Presentation Layer
- Layer 5:** Session Layer
- Layer 4:** Transport Layer
- Layer 3:** Network Layer
- Layer 2:** Data Link Layer (CAN Protocol Controller: Logical Link Control, Medium Access Control)
- Layer 1:** Physical Layer (CAN Transceiver: Physical Signalling, Physical Medium Attachment, Medium Dependant Interface)
- Layer 0:** Transmission Medium

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochb.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

12

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH		ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH	
Magistrale danych w pojazdach (warstwy fizyczne: 0 do 2)			
Typ magistrali	Zastosowanie	Standard europejski	Standard USA
<i>Zorientowane znakowo (UART)</i>			
K/L – line	Diagnostyka	ISO 9141	-
SAE J1708	Diagnostyka, klasa A pokładowa	-	SAE J1708 (ciężarówki i autobusy) 9.6 kbit/s
LIN	Klasa A pokładowa	Konsorcjum producentów, 20 kbit/s	SAE J2602
<i>Z modulacją szerokości impulsu (PWM)</i>			
SAE J1850	Diagnostyka, klasa A/B pokładowa	-	SAE J1850 (PWM Ford, VPWM GM, Chrysler) 10.4 i 41.6 kbit/s
<i>Zorientowane bitowo</i>			
CAN	Klasa B/C pokładowa	ISO 11898 1-3	SAE J2284 (samochody osobowe) 500 kbit/s
		Bosch CAN 2.0 A, B 47.6...500 kbit/s	SAE J1939 (ciężarówki i autobusy) 250 kbit/s
		ISO 11992 CAN do ciągników i przyczep ISO 11783 ISOBUS CAN do maszyn rolniczych (wg J1939)	-
TTCAN	Klasa C(+) pokładowa	ISO 11898-4 Bosch, 1Mbit/s	-
FlexRay	Klasa C(+) pokładowa	Konsorcjum producentów 10 Mbit/s	-
MOST	Multimedia	Konsorcjum producentów 25 Mbit/s	-

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl - http://www.mechatronika.net.pl

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH		ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH		
Protokoły transmisji danych (warstwa 4)				
Protokół	Zastosowanie	Standard europejski	Standard USA	Wykorzystanie w aplikacjach
TP	CAN	ISO 15765-2	-	KWP 2000 on CAN
AUTOSAR TP	FlexRay	Standard AUTOSAR		
SAE J1939	CAN	-	SAE J1939/21	Pojazdy użytkowe
TP 1.6	CAN	Standard firmowy VW/Audi/Seat/Skoda		VW CAN
TP2.0				

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl - http://www.mechatronika.net.pl

MECHATRONIKA POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH		ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH	
Protokoły aplikacji (warstwa 7)			
Protokół	Zastosowanie	Standard europejski	Standard USA
ISO 9141 CARB	Diagnostyka US OBD	ISO 9141-2	SAE J1979 SAE J2190
KWP 2000 Keyword Protocol	Diagnostyka (ogólna i OBD)	ISO 14230 Diagnostyka KWP2000 na K-Line ISO 15765 Diagnostyka KWP2000 na CAN	-
UDS Unified Diagnostic Services	Diagnostyka (ogólna i OBD)	ISO 14229 UDS	-
OBD	Diagnostyka OBD i EOBD	ISO 15031 (identycznie jak dla standardów USA)	SAE J1930, J1962, J1978, J1979, J2012, J2186
CCP CAN calibration protocol XCP Extended Calibration Protocol	Aplikacje	ASAM AE MCD 1 Konsorcjum ASAM (Automotive Electronics Measurement, Calibration and Diagnostics)	-

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl - http://www.mechatronika.net.pl

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

CAN

szeregowy protokół komunikacyjny obsługujący układy sterowania rozproszonego

Normy ISO definiujące standard CAN

ISO 11898-1:2003 (korekta 2006)
Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 1: Data link layer and physical signalling

ISO 11898-2:2003
Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 2: High-speed medium access unit

ISO 11898-3:2006 (zastępuje ISO 11519-2:1994 !!!)
Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 3: Low-speed, fault-tolerant, medium-dependent interface
ISO 11519-2:1994 - wycofana
Road vehicles -- Low-speed serial data communication -- Part 2: Low-speed controller area network (CAN)

ISO 11898-4:2004
Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 4: Time-triggered communication

ISO 11898-5:2007
Road vehicles -- Controller area network (CAN) -- Part 5: High-speed medium access unit with low-power mode

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

16

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Opis norm ISO definiujących standard http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_11898

ISO 11898-1:2003 specifies the data link layer (DLL) and physical signalling of the controller area network (CAN). This document describes the **general architecture of CAN** in terms of hierarchical layers according to the ISO reference model for open systems interconnection (OSI) established in ISO/IEC 7498-1 and provides the characteristics for setting up an interchange of digital information between modules implementing the CAN DLL with detailed specification of the logical link control (LLC) sublayer and medium access control (MAC) sublayer.

ISO 11898-2:2003 specifies the high-speed (transmission rates of up to 1 Mbit/s) medium access unit (MAU), and some medium dependent interface (MDI) features (according to ISO 8802-3), which comprise the physical layer of the controller area network.

ISO 11898-3:2006 specifies characteristics of setting up an interchange of digital information between electronic control units of road vehicles equipped with the CAN at transmission rates above 40 kbit/s up to 125 kbit/s.

ISO 11898-4:2004 specifies time-triggered communication in the CAN. It is applicable to setting up a time-triggered interchange of digital information between electronic control units (ECU) of road vehicles equipped with CAN, and specifies the frame synchronisation entity that coordinates the operation of both logical link and media access controls in accordance with ISO 11898-1, to provide the time-triggered communication schedule.

ISO 11898-5:2007 specifies the CAN physical layer for transmission rates up to 1 Mbit/s for use within road vehicles. It describes the medium access unit functions as well as some medium dependent interface features according to ISO 8802-2. This represents an extension of ISO 11898-2, dealing with new functionality for systems requiring low-power consumption features while there is no active bus communication.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

17

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Warianty warstw fizycznych (okablowanie i elektronika) sieci CAN

Warstwa fizyczna określa poziom napięć sygnałów elektrycznych, sposób przesyłania sygnałów po magistrali, impedancję przewodów itp. Można wyróżnić następujące rodzaje tych warstw:

„High speed CAN“: (HS-CAN) zdefiniowana przez **ISO 11898-2**, wykorzystuje 2 przewody. Mało odporna na zwarcia i uszkodzenia przewodów

„Low-speed CAN“: (FT-CAN: Fault Tolerant) zdefiniowana przez **ISO 11898-3** (2006), (*ISO 11519-2 (1995) - wycofana*) wykorzystuje 2 przewody, jest odporniejsza na błędy, może działać poprawnie nawet po przerwaniu lub zwarciu do masy ew. źródła napięcia z jednego z przewodów

„SW-CAN“ (Single Wire CAN). Warstwa fizyczna zdefiniowana przez **SAE J2411** wykorzystująca pojedynczy przewód (oraz masę). Wykorzystywana w pojazdach (GM-LAN).

Typowe transceivery (transmitter - receiver) implementujące warstwę fizyczną prod. Philipsa to:
dla ISO 11898-2: 82C250, 82C251
dla ISO 11898-3: TJA1054

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

18

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Klasyfikacja sieci CAN

CAN A
 < 10 kbits/s
 Linie diagnostyczne

CAN B
 ISO 11898-3, ISO 11519-2 „Low speed”
 < 125 kbits/s
 Wyświetlacze, komfort, AC, oświetlenie, nawigacja

CAN C
 ISO 11898-2 „High speed”
 < 1 Mbit/s
 Silnik, przekładnia, diagnostyka, układ jezdny (ESP, ASR, ABS), system bezpieczeństwa

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
 ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

19

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Topologia sieci CAN (dwuprzewodowej)

Węzeł 1 Węzeł n (maks. 30)

CAN_H

120 Ω 120 Ω

Linia magistrali CAN

CAN_L

0.3m (dla 1Mbit/s)

40m (dla 1Mbit/s)

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
 ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

20

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Rodzaje magistrali CAN

liniowa

a

b gwiazdzista

c pierścieniowa

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
 ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

21

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Magistrala CAN (Controller Area Network)

wiadomość

wiadomość akceptowana

odbięcie wiadomości

identyfikacja

zapisanie i wykonanie

użytkownik (stacja, węzeł)

wiadomość tworzona

wysyłanie wiadomości

generator sygnału

użytkownik (stacja, węzeł)

wiadomość nieakceptowana

odbięcie wiadomości

identyfikacja

brak zapisu i wykonania

użytkownik (stacja, węzeł)

Magistrala CAN

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

22

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Magistrala CAN – przesyłanie informacji

CAN Station 1 (Consumer)

CAN Station 2 (Producer)

CAN Station 3 (Consumer)

CAN Station 4 (Consumer)

Local Intelligence

Przebieg Pilot

Przebieg Pilot

Przebieg Pilot

Przebieg Pilot

© 2002, 2003 by H&M Elektronik

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

23

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Budowa węzła CAN

1 – terminator magistrali (rezystor 120Ω)

2 – przewód typu „skrętka”

3 – transeiver (transmitter/receiver)

4 – kontroler CAN

5 – mikrokontroler

6 – układ sterowany nr I

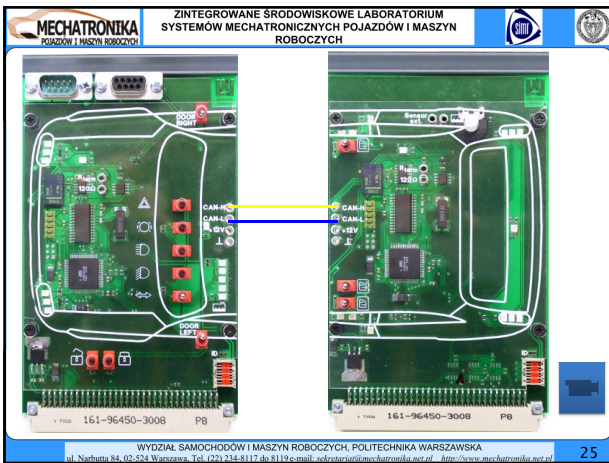
7 – węzeł CAN nr I

8 – układ sterowany nr II

9 – węzeł CAN nr II

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

24



ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Poziomy napięcie dla sieci CAN w standardzie ISO 11898-2 (CAN High Speed)

Sygnał	Stan recesywny („1”)			Stan dominujący („0”)			Jednostka
	min	nominalnie	max	min	nominalnie	max	
CAN-High	2.0	2.5	3.0	2.75	3.5	4.5	Volt
CAN-Low	2.0	2.5	3.0	0.5	1.5	2.25	Volt

Dla stanu recesywnego („1” logiczna) nominalne napięcia w obu przewodach są takie same. Powoduje to zmniejszenie poboru mocy z węzłów przez rezystory-terminatory 120 Ohm umieszczone na każdym końcu przewodu.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

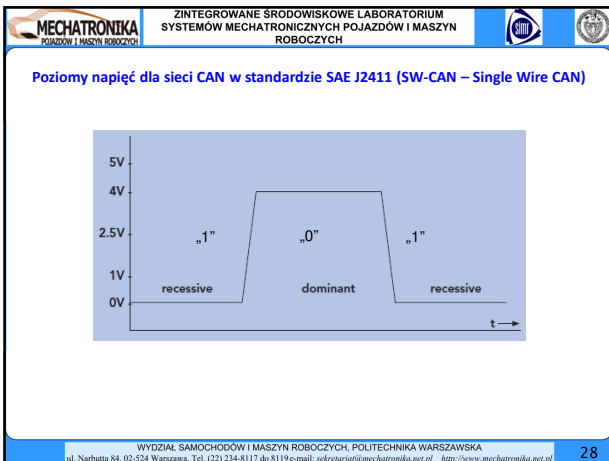
Poziomy napięcie dla sieci CAN w standardzie ISO 11893-3 (CAN Low Speed)

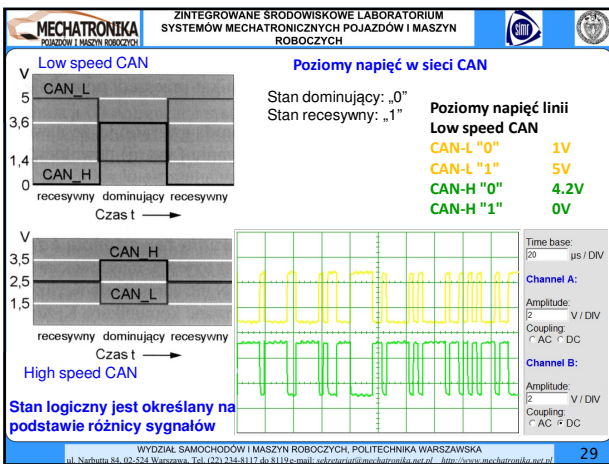
Sygnał	Stan recesywny („1”)			Stan dominujący („0”)			Jednostka
	min	nominalnie	max	min	nominalnie	max	
CAN-High	1.6	1.75	1.9	3.85	4.0	5.0	Volt
CAN-Low	3.1	3.25	3.4	0	1.0	1.15	Volt

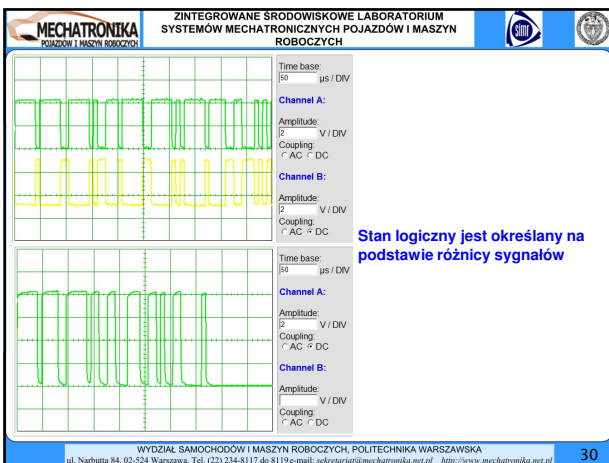
ISO 11893-3 (ISO 11519-2) nie wymaga rezystorów-terminatorów. Nie są konieczne ponieważ ograniczone prędkości przesyłania powodują, że magistrala jest niewrażliwa na odbicia.

Poziom napięcia na magistrali jest recesywny kiedy magistrala jest w stanie bezczynności.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl







MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Okablowanie magistrali CAN

Dla prędkości 1 Mbit/s, maksymalna długość przewodów sieciowych wynosi ok. 40 metrów, zaś długość odgałęzień nie większa od 30 cm. Wynika to ze sposobu dokonywania arbitrażu (decydowania, który węzeł może wysłać informację). Podczas odczytu pojedynczego bitu, front fali (zmiana napięcia w sieci) musi dotrzeć do końca sieci i powrócić z powrotem. Inaczej, długość przewodu jest określona przez prędkość światła.

Dla innych prędkości maksymalne długości przewodów wynoszą okolo:

- 100 metrów przy 500 kbit/s
- 200 metrów przy 250 kbit/s
- 500 metrów przy 125 kbit/s
- 6 kilometrów przy 10 kbit/s

31

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Terminatory

Magistrala „High Speed CAN” (ISO 11898-2) musi być zakończona rezystorami 120 Ohm (~110~130) na obu końcach. Służą one dwóm celom:

- Likwidują odbicia sygnału na końcach magistrali.
- Zapewniają właściwy poziom napięcia stałego.

Inne warstwy fizyczne jak „Low Speed CAN”, „Single Wire CAN” mogą nie być zakończone terminatorami.

32

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Przewody i wtyki/gniazda

Norma ISO 11898 zaleca stosowanie przewodów o nominalnej impedancji 120 Ohm.

ISO 11898 jest zdefiniowana dla przewodu „skrętki” z ekranem lub bez. Poszerza się też zakres użycia standardu jedнопrowodowego SAE J2411.

33

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Gniazdo diagnostyczne (OBD II)

Począwszy od roku modelowego 2008 złącze diagnostyczne musi być wyposażone w możliwość diagnozowania (OBD II) przy użyciu magistrali CAN.

J1850 PWM
Must have pins in 2, 4, 5, 10 and 16

J1850 VPW
Must have pins in 2, 4, 5, and 16, but not 10

K-line
Must have pins in 4, 5, 7 and 16, may also have pin 15

ISO 9141-2 & KWP2000
Must have pins in 4, 5, 7 and 16, may also have pin 15

ISO 15765 CAN
Must have pins in 4, 5, 6, 14 and 16

Pin 6: CAN high
Pin 14: CAN low
250kbit/s
lub 500kbit/s

<http://www.onboarddiagnostics.com/page03.htm>

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Formalne nazwy standardów sieci CAN

2.0A
standardowy CAN wersja 2.0A (Standard CAN),
używający 11 bitów identyfikacji

2.0B
rozszerzony CAN wersja 2.0B (Extended CAN),
używa 29 (lub 11) bitów identyfikacji węzła

Węzeł sieci 2.0B może być
"aktywny", tj. może przysyłać i odbierać rozszerzone ramki, lub
"pasywny", tj. może pomijać otrzymane rozszerzone ramki

1.x odpowiada oryginalnej specyfikacji

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Parametry techniczne

Ramka danych (CAN 2.0A)

Start of Frame

Arbitration Field

Control Field

Data Field

Cyclic Redundancy Check, CRC (16)

ACK

End of Frame

IFS Inter-frame Space

Identifier (11)

Data Length Code (4)

Data (0..64)

CRC Sequence

CRC Delimiter

ACK Slot

ACK Delimiter

dane techniczne	wartość
max. rozległość sieci	40 m (1 Mbit/s) 1000 m (50 kbit/s)
prędkość przesyłania	1 Mbit/s (40 m) 50 kbit/s (1000 m)
adresowanie	oparte o zadania, nie o użytkowników, 2032 wiadomości
przydział magistrali	na podstawie priorytetów, 2031 priorytetów
liczba użytkowników	bez ograniczeń
bezpieczeństwo przesyłania	bardzo wysokie
medium przesyłu danych	przewód dwużyłowy, przewód światłowodowy

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

A CAN 2.0A ("standard CAN") Data Frame (Ramka danych).

A CAN 2.0B ("extended CAN") Data Frame.

A Remote Frame (2.0A type)

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imr.pw.edu.pl, www.mechatronika.pw.edu.pl

37

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Arbitraż w sieci CAN (określanie priorytetów węzłów)

Linia magistrali: 1 (recessive), 0 (dominant)

Stacja 1
Stacja 2
Stacja 3

Stacja 1 przegrała arbitraż
Stacja 3 przegrała arbitraż

Animacja „flash”
Stan dominujący: „0”
Stan recesywny: „1”

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imr.pw.edu.pl, www.mechatronika.pw.edu.pl

38

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Arbitraż w sieci CAN (określanie priorytetów węzłów)

Dowolny kontroler CAN może rozpocząć transmisję kiedy wykryje stan beczynności magistrali. To może doprowadzić do sytuacji, że dwa lub więcej kontrolerów zaczną transmitować wiadomość w tym samym czasie. Konflikt jest rozwiązywany w następujący sposób:

Transmitujący węzeł monitoruje magistralę w chwili wysyłania. Jeżeli wykryje poziom dominujący, kiedy sam wysła poziom niski, to natychmiast opuszcza proces arbitrażu i staje się odbiornikiem.

Arbitraż jest dokonywany na całym polu arbitrażu i kiedy to pole zostało wysłane, dokładnie jeden nadajnik zostaje na magistrali. Ten węzeł kontynuuje transmisję jak gdyby nic się nie stało. Inne potencjalne nadajniki będą mogły próbować retransmitować swoje wiadomości, kiedy magistrala stanie się dostępna. Nie ma strat czasowych na proces arbitrażu.

Stacja	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Control	Data
Node 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Node 2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
Node 3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
recessive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Bus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
dominant	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imr.pw.edu.pl, www.mechatronika.pw.edu.pl

39

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Standardowa ramka wiadomości (wersja 2.0A) – 11 bitowy identyfikator

- Pole startowe SOF (Start of Frame). Jest to dominujący bit (poziom logiczny „0”) oznaczający początek ramki wiadomości.
- Pole arbitrażu (Arbitration field) zawiera 11 bitów adresowych i bit Remote Transmission Request (RTR). Dominujący bit RTR (poziom „0”) oznacza, że wiadomość jest ramką danych (Data Frame). Odwrotna wartość (logiczna „1”) oznacza, że wiadomość jest żądaniem przez jeden z węzłów przesłania danych z innych węzłów magistrali (Remote Frame). Remote Frames nie zawierają pola danych (Data Field).
- Pole kontroli (Control Field) zawiera sześć bitów:
 - bity r0 i r1 zarezerwowane do użycia w przyszłości
 - cztery bity DLC (Data Length Code), oznaczające liczbę bajtów w polu danych
- Pole danych (Data Field) o długości od zera do osmiu bajtów
- Pole CRC, zawiera 15 bitów cyklicznego kodu nadmiarowego (CRC) i bit ogranicznika (delimiter bit)
- Pole potwierdzenia (ACKnowledge field) zawierające dwa bity. Pierwszy jest bitem Slot który jest transmitowany jako recesywny (1), ale jest następnie nadpisywany przez dominujące bity transmitowane ze wszystkich innych węzłów, które pomyślnie odebrały wiadomość. Drugi bit jest bitem ogranicznika (delimiter).
- Pole końca ramki (End Of Frame - EOF) zawiera siedem bitów.
- Natępnym po EOF jest INTransmission field zawierające trzy bity. Po tych trzech bitach okresowo magistrala jest uwalniana.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mech.pw.edu.pl, http://www.mech.pw.edu.pl

40

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Rozszerzona ramka wiadomości (wersja 2.0B) – 29 bitowy identyfikator

Wersja 2.0B rozwinęła się aby dostarczyć kompatybilność z innymi protokołami szeregowej komunikacji w aplikacjach samochodowych w USA. Do obsługi tego i zachowania kompatybilności z formatem 2.0A ramka wiadomości w wersji 2.0B ma format rozszerzony. Różnice są następujące:

- W wersji 2.0B pole arbitrażu ma dwa pola bitów identyfikacji. Pierwsze (bazowe ID) ma 11 bitów długości dla zapewnienia kompatybilności z wersją 2.0A. Drugie pole (rozszerzenie ID) ma 18 bitów co daje łączną długość 29 bitów.
- Odróżnienie pomiędzy formatami jest wykonane przy użyciu bitu identyfikatora rozszerzenia (IDE Identifier Extension)
- Bit SSR (Substitute Remote Request) zastępczego dalekiego żądania jest zawarty w polu arbitrażu. Bit SSR jest zawsze transmitowany jako recesywny („1”) aby nie pomylić formatów ramek (odróżnienie od standardowej). Ramka standardowa będzie zawsze miała wyższy priorytet jeżeli obie wiadomości mają taki sam bazowy (11 bitowy) identyfikator.

Wszystkie pozostałe pola w ramce wiadomości wersji 2.0B są identyczne jak w standardowym formacie.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mech.pw.edu.pl, http://www.mech.pw.edu.pl

41

MECHATRONIKA ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

Remote Frame (ramka zdalna)

Ramka zdalna (Remote Frame) jest używana aby spowodować informację zwrotną.

Np. węzeł A transmituje ramkę zdalną z polem arbitrażu (identyfikatorem) równym 234, wtedy węzeł B, jeżeli został poprawnie zainicjalizowany, może odpowiedzieć ramką danych z taką samą wartością w polu arbitrażu.

Odległe ramki mogą być używane do implementacji zarządzania ruchem na magistrali typu żądanie-odpowiedź. W praktyce odległe ramki są niezbyt często używane.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mech.pw.edu.pl, http://www.mech.pw.edu.pl

42

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Ramka błędu

Ramka błędu jest specjalną wiadomością, która narusza porządek ramki CAN.

Jest ona transmitowana kiedy węzeł wykryje błąd i powoduje, że wszystkie pozostałe węzły też wykryją ten błąd i wysłają ramki błędu. Wówczas nadajnik automatycznie wznowia transmisję wiadomości.

Mechanizm liczników błędów zapewnia, że węzeł nie może zablokować ruchu na magistrali przez powtarzanie transmisji ramek błędów.

Ramka błędu zawiera flagę błędu (Error Flag), którą jest 6 bitów o tej samej wartości i Error Delimiter zawierający 8 bitów w stanie niskim. Error Delimiter dostarcza miejsce, w którym inne węzły mogą wysłać własne flagi błędów gdy wykryją pierwszą flagę błędu.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

43

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Uwagi o kompatybilności wersji 2.0A i 2.0B

Kontrolery 2.0B są całkowicie kompatybilne z kontrolerami 2.0A i mogą nadawać i odbierać ramki w obu formatach.

Uwaga! Istnieją dwa typy kontrolerów 2.0A.

- Pierwszy jest zdolny do wysyłania i odbierania **jedynie** wiadomości w formacie 2.0A. Z tym typem kontrolera przyjęcie jakiegokolwiek wiadomości w formacie 2.0B będzie oznaczać błąd.
- Drugi typ kontrolerów 2.0A (znany jako 2.0B pasywny) jest również zdolny do wysyłania i odbierania wiadomości w formacie 2.0A, ale dodatkowo te kontrolery potwierdzają odbiór wiadomości 2.0B i ignorują je.

Stąd, z wyżej wymienionymi ograniczeniami, jest możliwe używanie obu wersji kontrolerów w pojedynczej sieci.

Z uwagi na niedostateczną pełną kompatybilność urządzeń 2.0A z 2.0B, tylko wiadomości w standardowym formacie są w pełni znaczące w systemach używających obu typów.

Liczba unikalnych identyfikatorów dostępnych dla użytkowników w pojedynczej sieci 2.0A wynosi 2032 ($2^{11}-2^{14}$).

Liczba unikalnych identyfikatorów dostępnych w sieci 2.0B wynosi ponad 500 milionów.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

44

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Obsługa błędów

Obsługa błędów ma na celu wykrywanie błędów w wiadomościach na magistrali CAN, aby nadajnik mógł retransmitować błędną wiadomość. Każdy kontroler CAN może próbować wykryć błędy w wiadomości.

Jeżeli błąd został wykryty, węzeł wykrywający wysyła flagę błędu, która zakłóci ruch na magistrali. Pozostałe węzły wykryją błąd spowodowany przez flagę błędu i podejmą odpowiednie działania.

Każdy węzeł zawiera dwa liczniki błędów: licznik błędów transmisji i licznik błędów odbioru. Jest kilka reguł zarządzających w jaki sposób zawartość liczników ma być zwiększana lub zmniejszana.

Nadajnik wykrywając błąd zwiększa licznik błędów transmisji szybciej niż nasłuchujące węzły zwiększają swoje liczniki błędów odbioru. Jest tak, ponieważ istnieje duża szansa, że nadajnik jest tym, który wprowadza błąd!

Kiedy licznik osiągnie określoną wartość, węzeł najpierw przejdzie w stan "error passive", tzn. że nie będzie realnie blokował ruchu na magistrali kiedy wykryje błąd, a później w stan "bus off" oznaczający, że węzeł nie uczestniczy w ruchu na magistrali w ogóle.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

45

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Mechanizm wykrywania błędów

Protokół CAN definiuje pięć sposobów wykrywania błędów. Dwa z nich działają na poziomie bitowym a trzy pozostałe na poziomie wiadomości.

1. Bit Monitoring.
2. Bit Stuffing.
3. Frame Check.
4. Acknowledgement Check.
5. Cyclic Redundancy Check.

1) Bit Monitoring
Każdy nadajnik na magistrali CAN monitoruje transmitowany poziom sygnału. Jeżeli poziom aktualnie odczytanego bitu różni się od wysłanego, sygnalizowany jest błąd bitu (Bit Error).

2) Bit Stuffing
Kiedy pięć kolejnych bitów o tym samym poziomie zostało nadanych przez węzeł, to jest dodawany szósty bit o przeciwnym poziomie do wychodzącego strumienia bitów. Odbiorniki usuwają ten dodatkowy bit. Jest to wykonywane w celu omijania nadmiernej składowej stałej na magistrali, ale daje również odbiornikom dodatkową sposobność do wykrywania błędów: jeżeli więcej niż pięć kolejnych bitów występujących na magistrali ma ten sam poziom, sygnalizowany jest Stuff Error.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117, do 8119 e-mail: sdc@zsl.pw.mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.pl

46

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

3) Frame Check
Niektóre części ramki CAN mają stały format, tzn. standard dokładnie definiuje jakie poziomy i kiedy muszą wystąpić. Są to: CRC Delimiter, ACK Delimiter, EOF oraz Intermission. Jeżeli kontroler CAN wykryje niewłaściwą wartość w jednym z tych pól, sygnalizuje Form Error.

4) Acknowledgement Check
Wszystkie węzły, które bezbłędnie odebrały wiadomość są zobowiązane do wysłania dominującego poziomu do tzw. Acknowledgement Slotu w wiadomości. Nadajnik będzie transmitował tam poziom niski. Jeżeli nadajnik nie może wykryć poziomu dominującego w ACK Slot, wtedy sygnalizowany jest Acknowledgement Error.

5) Cyclic Redundancy Check
Każda wiadomość cechuje się 15 bitowym CRC (suma kontrolna). Dowolny węzeł, który wykryje różnicę pomiędzy CRC w wiadomości i wyliczoną przez siebie sygnalizuje CRC Error.

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117, do 8119 e-mail: sdc@zsl.pw.mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.pl

47

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH


Błędy magistrali CAN

Standard ISO 11898 określa szereg potencjalnych uszkodzeń przewodów magistrali:

1. Przerwany CAN_H
2. Przerwany CAN_L
3. CAN_H zwarty do źródła napięcia
4. CAN_L zwarty do masy
5. CAN_H zwarty do masy
6. CAN_L zwarty do źródła napięcia
7. CAN_L zwarty do CAN_H
8. CAN_H i CAN_L przerwane w tym samym miejscu
9. Uszkodzenie terminatora magistrali

„Zaleca się”, aby dla uszkodzeń 1-6 i 9, sieć była zdolna do pracy przy zmniejszonym stosunku S/N (sygnał/szum), zaś w przypadku 8 pozostały podsystem był zdolny do pracy. W przypadku 7 zdolność do pracy przy ograniczonym stosunku S/N jest „opcjonalna”.

W praktyce sieć CAN zbudowana na bazie transceiverów typu 82C250 nie jest w stanie przetrwać tych błędów (1-7 na pewno, 8-9 prawdopodobnie). Istnieją układy odporne na wszystkie powyższe uszkodzenia (TJA1053). Jest to okupione zmniejszeniem prędkości np. dla TJA1053 do 125 kbit/s.



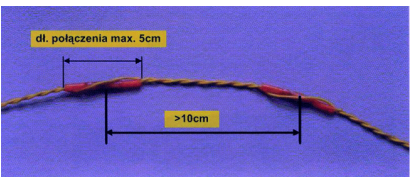
WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutsa 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117, do 8119 e-mail: sdc@zsl.pw.mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.pl

48

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Naprawa przerwanej magistrali CAN



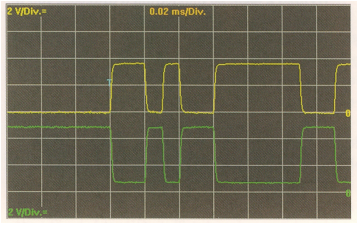
WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

49

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Sygnały CAN_H i CAN_L prawidłowe



WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

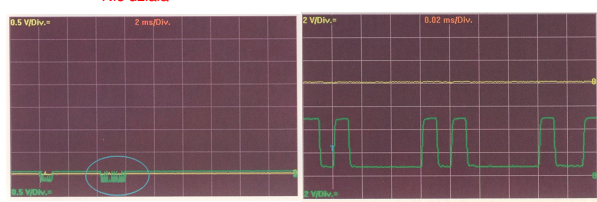
50

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_H do masy

Nie działa Działa jedнопроводово



Magistrala CAN trakcja
ISO 11898-3

Magistrale CAN komfort i multimedia
ISO 11898-2

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

51

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_H do źródła napięcia

Działa **Działa**

Magistrala CAN trakcja
ISO 11898-3 Magistrale CAN komfort i multimedia
ISO 11898-2

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

52

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_H i CAN_L

Nie działa **Działa jedнопроводово**

Magistrala CAN trakcja
ISO 11898-3 Magistrale CAN komfort i multimedia
ISO 11898-2

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

53

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_L do masy

Może działać **Działa jedнопроводово**

Magistrala CAN trakcja
ISO 11898-3 Magistrale CAN komfort i multimedia
ISO 11898-2

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

54

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_L do źródła zasilania

Nie działa Działa jedнопроводово

2 V/Div, 2 ms/Div 2 V/Div, 0.02 ms/Div

Magistrala CAN trakcja
ISO 11898-3 Magistrale CAN komfort i multimedia
ISO 11898-2

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochbim.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

55

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_H ze źródłem zasilania przez rezystor **Zwarcie CAN_H masą przez rezystor**

2 V/Div, 0.02 ms/Div 2 V/Div, 0.02 ms/Div

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochbim.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

56

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_L do źródła zasilania przez rezystor **Zwarcie CAN_L do masy przez rezystor**

2 V/Div, 0.02 ms/Div 2 V/Div, 0.02 ms/Div

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@imochbim.mech.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

57

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Zwarcie CAN_H i CAN_L przez rezystor

2 V/Div, 0.02 ms/Div

2 V/Div

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

58

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Porównanie cen i prędkości poszczególnych rodzajów sieci

Network Type	Speed [bit/s]	Incremental cost per node [€]	Characteristics
LIN	~20K	~1	master-slave, single wire bus, no quarte
J1850	~125K	~1.5	peer to peer, prioritized messages
CAN-B	~125K	~2	
CAN-C	~125K	~2.5	event triggered, dual wire
TTX (in definition)	~1M	~4.5	time triggered, fault tol., dependable, 2x2 wire
Byteflight	~2M	~4.5	optical bus
D2B, MOST	~25.6M	~10	token ring, optical bus

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

59

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Dostęp do informacji OBD II po sieci CAN

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117, do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.net.pl, http://www.mechatronika.net.pl

60

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

**Gniazdo diagnostyczne (OBD II) – opis pinów
SAE J1962**

1. -
2. Sygnał „+” SAE-J1850 (standard PWM)
3. - Ford DCL(+) Argentyna, Brazylia (pre OBD-II) 1997-2000
4. Masa nadwozia („-“)
5. Masa sygnału
6. CAN high (ISO 15765-4 and SAE-J2234)
7. K-line (ISO 9141-2 i ISO 14230-4)
8. -
9. -
10. Sygnał „-“ SAE-J1850 (standard PWM)
11. - Ford DCL(-) Argentyna, Brazylia (pre OBD-II) 1997-2000
12. -
13. -
14. CAN low (ISO 15765-4 i SAE-J2234)
15. L-line (ISO 9141-2 i ISO 14230-4)
16. Zasilanie „+”

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

61

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Protokoły sygnałowe OBD (warstwa 7 - aplikacji)

- SAE J1850 PWM (pulse-width modulation)
prędkość transmisji 41.6 kbit/s, standard Ford Motor Company
Długość wiadomości ograniczona do 12 bajtów (z CRC)
- SAE J1850 VPW (variable pulse width)
Prędkość transmisji 10.4/41.6 kbit/s, standard General Motors
Długość wiadomości ograniczona do 12 bajtów (z CRC)
- ISO 9141-2:1989 (K-Line) starsze pojazdy
Prędkość transmisji 10.4 kbit/s, (podobny do RS-232)
ISO 9141-2 jest głównie używany przez f-mę Chrysler, oraz pojazdach europejskich i azjatyckich.
Długość wiadomości ograniczona do 12 bajtów (z CRC)
- ISO 14230 KWP2000 (Keyword Protocol 2000)
Zastąpił ISO 9141
Warstwa fizyczna jak dla ISO 9141-2
Prędkość transmisji 1.2 do 10.4 kbit/s
Długość wiadomości do 255 bajtów w polu danych
- ISO 15765:2004 CAN (Road vehicles -- Diagnostics on Controller Area Networks (CAN))
Prędkość transmisji 250 kbit/s lub 500 kbit/s
Począwszy od roku modelowego 2008 obowiązkowy standard wymiany informacji OBD
pin 6: CAN High, pin 14: CAN Low

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

62

MECHATRONIKA
POJAZDÓW I MASZYN ROBOCZYCH

ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH

Diagnostyczne tryby pracy systemu OBD II

Tryby podstawowe

Tryb \$01 – Bieżące wartości parametrów układu napędowego oraz informacje systemowe
Tryb \$02 – Odczyt informacji ramki zamrożonej
Tryb \$03 – Odczyt kodów błędów (DTC)
Tryb \$04 – Kasowanie informacji diagnostycznej
Tryb \$05 – Żądanie wyników testu monitora czujników tlenu
Tryb \$06 – Wyniki wykonania testów monitorów nieciągłych
Tryb \$07 – Wyniki wykonania testów monitorów ciągłych
Tryb \$08 – Przejęcie kontroli nad systemem diagnostyki
Tryb \$09 – Odczyt informacji o pojeździe (VIN)


Tryby rozszerzone

Tryb \$11 – Żądanie resetu sterownika



...

WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234 8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pwr.edu.pl, http://www.mechatronika.pwr.edu.pl

63



**ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH**

Komunikacja ze złączem diagnostycznym CAN OBD II


ECU nasłuchuje komunikatów na ID o adresie 0x7DF
 ECU odpowiada na zapytania na ID 0x7E8

Typowy przebieg komunikacji po złączu OBD-II:



Tester	→ 0x7DF	“Podaj obsługiwane parametry diagnostyczne (PID)
ECU	← 0x7E8	“Obsługuje: 01, 02, 04, 3F, itd.”
Tester	→ 0x7DF	“Mode \$01 – Podaj prędkość obrotową”
ECU	← 0x7E8	“1500 RPM”

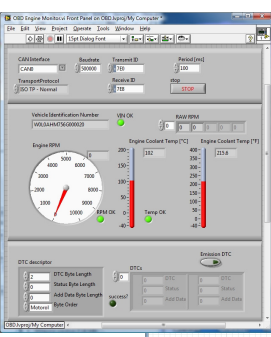
WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
 ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

64



**ZINTEGROWANE ŚRODOWISKOWE LABORATORIUM
SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH POJAZDÓW I MASZYN
ROBOCZYCH**

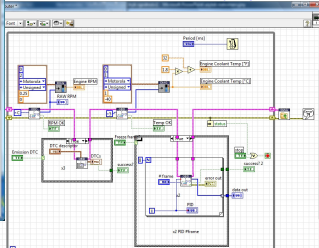





Monitor systemu OBD (CAN)

**Panel czołowy przyrządu
(wizualizacja)**

**Diagram blokowy programu
(schemat połączeń)**



WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH, POLITECHNIKA WARSZAWSKA
 ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Tel. (22) 234-8117 do 8119 e-mail: sekretariat@mechatronika.pw.edu.pl, http://www.mechatronika.pw.edu.pl

65
