

22 kwietnia 2018

## CAN – controller area network

[illegible]

CAN – controller area network



## CAN - specyfikacja

[illegible]

- 4 / 59

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach

5 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance

6 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance
- przepustowość do 1Mbps na odległość do 40m (ok. 50% zawartości ramki to dane)

7 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance
- przepustowość do 1Mbps na odległość do 40m (ok. 50% zawartości ramki to dane)
- standard CAN definiuje *warstwę fizyczną i łącza danych*

8 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance
- przepustowość do 1Mbps na odległość do 40m (ok. 50% zawartości ramki to dane)
- standard CAN definiuje *warstwę fizyczną i łącza danych*
  - połączenie logiczne (identyfikatory + "dane")

9 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance
- przepustowość do 1Mbps na odległość do 40m (ok. 50% zawartości ramki to dane)
- standard CAN definiuje *warstwę fizyczną i łącza danych*
  - połączenie logiczne (identyfikatory + "dane")
  - kontrola dostępu do medium (MAC)

10 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - specyfikacja

- transmisja typu broadcast (semi duplex) - multi-master
- transmisja asynchroniczna, szeregowo, oparta na ramkach
- CSMA/CA - carrier sense multiple acces / collision avoidance
- przepustowość do 1Mbps na odległość do 40m (ok. 50% zawartości ramki to dane)
- standard CAN definiuje *warstwę fizyczną i łącza danych*
  - połączenie logiczne (identyfikatory + "dane")
  - kontrola dostępu do medium (MAC)
  - low/high speed CAN

11 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN – fizyczność i łącze danych

### Warstwa fizyczna

Definiuje poziomy sygnałów (napięcia) oraz jaki jest stan dominujący. Określa sposób kodowania poszczególnych bitów oraz określa synchronizację magistrali.

12 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN – fizyczność i łącze danych

### Warstwa fizyczna

Definiuje poziomy sygnałów (napięcia) oraz jaki jest stan dominujący. Określa sposób kodowania poszczególnych bitów oraz określa synchronizację magistrali.

### Warstwa łącza danych

Definiuje strukturę ramki, sposoby sygnalizacji błędów i mechanizm MAC (dostępu do medium).

13 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym

14 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym
- bity dominujące i recesywne

15 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym
- bity dominujące i recesywne
- mechaniczne aspekty (wtyki, medium) nie określone w standardzie

16 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym
- bity dominujące i recesywne
- mechaniczne aspekty (wtyki, medium) nie określone w standardzie

często:

17 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym
- bity dominujące i recesywne
- mechaniczne aspekty (wtyki, medium) nie określone w standardzie

często:

- 9-cio pinowy wtyk D-sub: CAN-Lo, GND, CAN-Hi, CAN-V+

18 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - fizycznie

- wymagany jest MAC na poziomie bitowym
- bity dominujące i recesywne
- mechaniczne aspekty (wtyki, medium) nie określone w standardzie

często:

- 9-cio pinowy wtyk D-sub: CAN-Lo, GND, CAN-Hi, CAN-V+
- wspólna szyna zasilająca +5V (3.3V opcjonalnie) oraz GND

19 / 59

Notes

---

---

---

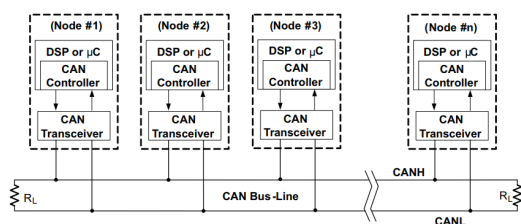
---

---

---

---

## CAN - magistrala



20 / 59

Notes

---

---

---

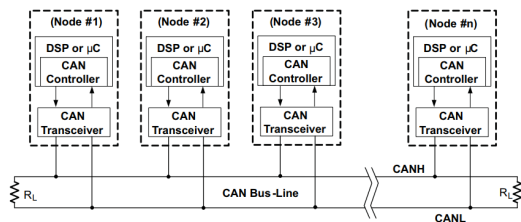
---

---

---

---

## CAN - magistrala



### Sygnalizacja różnicowa

Sygnał "bez niczego" jest utrzymywany w okolicach 2.5V. CAN-Hi jest podciągany o 1V w górę, a CAN-Lo o 1V w dół, co daje 2V różnicy między parą linii sygnałowych.

21 / 59

Notes

---

---

---

---

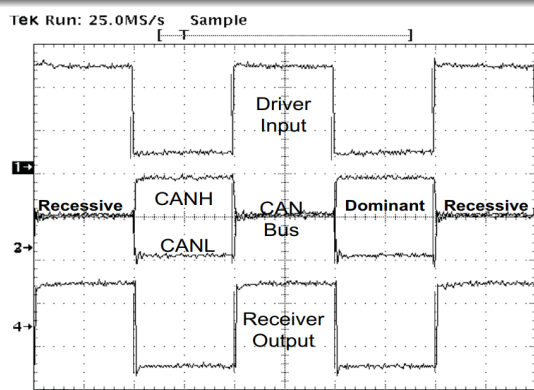
---

---

---

---

## CAN - magistrala



Steve Corrigan: Introduction to the Controller Area Network (CAN), SL00101A, www.ti.com

22 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## CAN - arbitraż magistrali

Notes

---

---

---

---

---

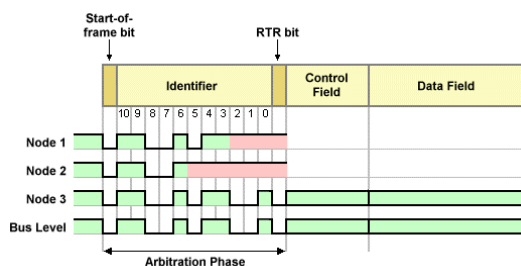
---

---

---

23 / 59

## CAN - arbitraż magistrali



24 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Poziom wiadomości:

25 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)

26 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)
- ACK (1 bit potwierdzenia + 1 bit odstępu)

27 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)
- ACK (1 bit potwierdzenia + 1 bit odstępu)
- bity recesywne: CRC-del ACK-del, SOF, EOF

28 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

### Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)
- ACK (1 bit potwierdzenia + 1 bit odstępu)
- bity recesywne: CRC-del ACK-del, SOF, EOF

### Poziom bitów:

29 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

### Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)
- ACK (1 bit potwierdzenia + 1 bit odstępu)
- bity recesywne: CRC-del ACK-del, SOF, EOF

### Poziom bitów:

- monitorowanie magistrali danych (! ACK, adres)

30 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

### Poziom wiadomości:

- CRC (15 bitów + 1 bit odstępu)
- ACK (1 bit potwierdzenia + 1 bit odstępu)
- bity recesywne: CRC-del ACK-del, SOF, EOF

### Poziom bitów:

- monitorowanie magistrali danych (! ACK, adres)
- bit stuffing

31 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

### Typy ramek:

- danych – faktycznie przesyła dane

32 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---



Typy ramek:

- danych – faktycznie przesyła dane
- zdalnego wywołania – żądanie przesłania danych

33 / 59

Typy ramek:

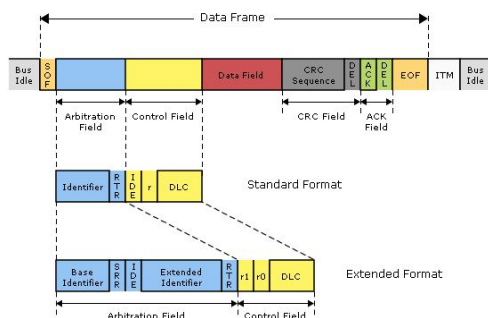
- danych – faktycznie przesyła dane
- zdalnego wywołania – żądanie przesłania danych
- błędów – w przypadku wystąpienia błędu

34 / 59

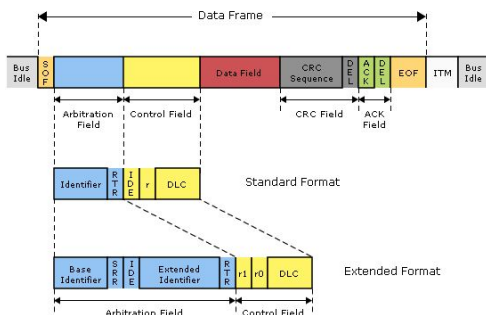
Typy ramek:

- danych – faktycznie przesyła dane
- zdalnego wywołania – żądanie przesłania danych
- błędów – w przypadku wystąpienia błędu
- przepełnienia – do uzyskania opóźnienia między ramką danych lub zdalnego wywołania

35 / 59



36 / 59



### Format standard

RTR | remote transmission request – 0 dla ramek danych, 1 dla zdalnego wywołania  
 IDE | id extension – 0 dla ramek formatu podstawowego, 1 dla rozszerzonego  
 DLC | data length – długość danych (0-8 bajtów)  
 CRC-del | recesywny bit (2)  
 ACK-slot | odbiorca ma szansę wysłać 0 (dominujący), bo nadawca wysyła 1 (recesywny)  
 ACK-del | recesywny bit (1)  
 EOF | end of frame - recesywny bit (1)

37 / 59

Notes

---

---

---

---

---

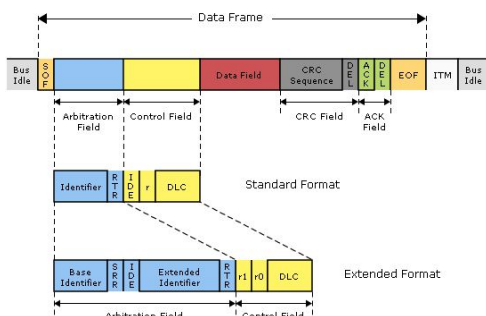
---

---

---

---

---



### Format extended

SRR | substitute remote request – recesywny bit (1)  
 IDE | identifier extension bit – recesywny bit (1)

38 / 59

Notes

---

---

---

---

---

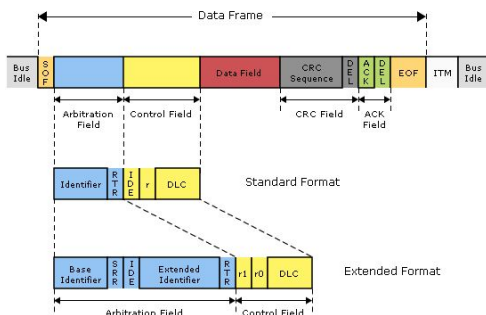
---

---

---

---

---



### Ramka zdalna

RTR = 1 → przegrywa arbitraż kiedy jednocześnie jest ramka danych z tym samym identyfikatorem

39 / 59

Notes

---

---

---

---

---

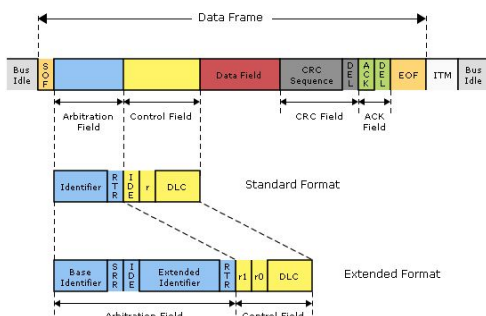
---

---

---

---

---



### Ramka błędu

Składa się z 6 recesywnych i/lub dominujących (ERROR FLAG) (plus max 6 takich samych bitów od innych węzłów) oraz 8 recesywnych (ERROR DELIMITER). Bity dominujące (dla ERROR FLAG) wysyła stacja będąca aktywną (tj. dla której nie określono błędnego działania). Bity recesywne wysyła stacja w stanie *passive error*.

40 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

[illegible]

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

[illegible]

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

❶ błąd przy nadawaniu  $\rightarrow TxE \neq 8$  ( $TxE = 8$  - jeśli OK)\*

[illegible]

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

❶ błąd przy nadawaniu  $\rightarrow TxE \neq 8$  ( $TxE = 8$  - jeśli OK)\*

② błąd przy odbiorze  $\rightarrow RxE \neq 1$  ( $RxE = 1$  - jeśli OK)\*

[illegible]

Error confinement

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

- ❶ błąd przy nadawaniu → TxE += 8 (TxE- - jeśli OK)\*
- ❷ błąd przy odbiorze → RxE += 1 (RxE- - jeśli OK)\*
- ❸ TxE > 127 lub RxE > 127 → *passive error state*

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Error confinement

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

- ❶ błąd przy nadawaniu → TxE += 8 (TxE- - jeśli OK)\*
- ❷ błąd przy odbiorze → RxE += 1 (RxE- - jeśli OK)\*
- ❸ TxE > 127 lub RxE > 127 → *passive error state*
- ❹ TxE > 255 lub RxE > 255 → *bus-off state*

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Error confinement

Każde urządzenie ma liczniki TxE, RxE (błędy przy nadawaniu, odbiorze).

- ❶ błąd przy nadawaniu → TxE += 8 (TxE- - jeśli OK)\*
- ❷ błąd przy odbiorze → RxE += 1 (RxE- - jeśli OK)\*
- ❸ TxE > 127 lub RxE > 127 → *passive error state*
- ❹ TxE > 255 lub RxE > 255 → *bus-off state*
- ❺ RESET oraz poprawnie przesłano 128 x 11 bitów → *active error state*

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Auto-detekcja *bitrate*

- ❶ domyślny (default) bit-rate

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## Auto-detekcja *bitrate*

- ① domyślny (default) bit-rate
- ② automatyczna detekcja

49 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## Auto-detekcja *bitrate*

- ① domyślny (default) bit-rate
- ② automatyczna detekcja
  - pomiar czasu trwania pojedynczego bitu (jest taki?)

50 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

## Auto-detekcja *bitrate*

- ① domyślny (default) bit-rate
- ② automatyczna detekcja
  - pomiar czasu trwania pojedynczego bitu (jest taki?)
  - cichutkie podsłuchiwanie (niektórzy nie potrafią...)

51 / 59

Notes

---

---

---

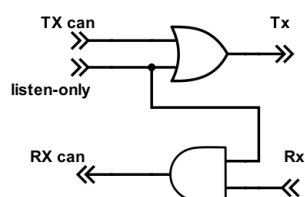
---

---

---

---

## Listen-only dla nieumiejących



52 / 59

Notes

---

---

---

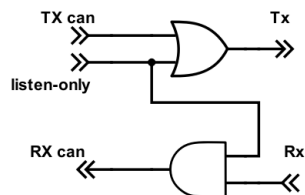
---

---

---

---

## Listen-only dla nieumiejących



A jak już to umiemy to...

53 / 59

## Bit stuffing

Po każdych 5 takich samych bitach automatycznie wtawiany jest bit przeciwny:

54 / 59

## Bit stuffing

Po każdych 5 takich samych bitach automatycznie wtawiany jest bit przeciwny:

- by utrzymać synchronizację między węzłami

55 / 59

## Bit stuffing

Po każdych 5 takich samych bitach automatycznie wtawiany jest bit przeciwny:

- by utrzymać synchronizację między węzłami
- nie dotyczy pól CRC, ACK

56 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Notes

---

---

---

---

---

---

---

Po każdym 5 takich samych bitach automatycznie wtawiany jest bit przeciwny:

- by utrzymać synchronizację między węzłami
- nie dotyczy pól CRC, ACK
- 6 taki sam bit → błąd aktywnej stacji

57 / 59

Notes

---

---

---

---

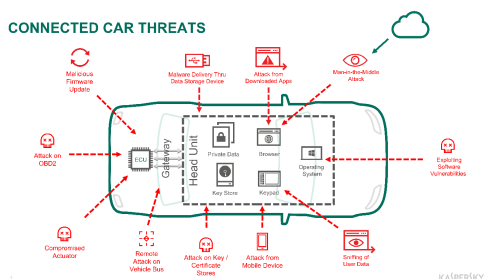
---

---

---

---

## Bezpieczeństwo...



→ /mmw2017-kaspersky-avl-software-functions-gmbh-pave-way-for-secure-by-design-connected-cars/

58 / 59

Notes

---

---

---

---

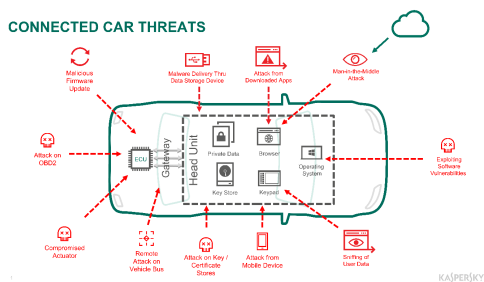
---

---

---

---

## Bezpieczeństwo...



→ /mmw2017-kaspersky-avl-software-functions-gmbh-pave-way-for-secure-by-design-connected-cars/  
[www.kaspersky.com/blog/connected-car-apps-revisited/18548/](https://www.kaspersky.com/blog/connected-car-apps-revisited/18548/)

59 / 59

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Notes

---

---

---

---

---

---

---

---