

Sieć CAN w pytaniach i odpowiedziach

1. Jakie są typowe obszary zastosowań sieci CAN?

Sieć CAN znajduje głównie zastosowanie w przemyśle elektromaszynowym, przemyśle samochodowym oraz przemyśle budowy maszyn roboczych. Sieć CAN w zasadzie nie jest stosowana lub stosowana marginalnie w budownictwie, przemyśle chemicznym, petrochemicznym, spożywczym, papierniczym, hutniczym, energetycznym.

2. Czy specyfikacje: warstwy fizycznej i warstwy łącza danych sieci CAN definiują sieć typu multimaster?

Tak. Zgodnie ze specyfikacjami: warstwy fizycznej i warstwy łącza danych sieć CAN jest siecią o rozgłoszeniowym modelu komunikacji. Rozgłoszeniowy model komunikacji w tym przypadku oznacza, że dowolne sieciowe urządzenia komunikacyjne CAN ma możliwość wysyłania wiadomości do sieci lub żądań transmisji wiadomości z innych węzłów sieci. Każdy węzeł sieci CAN ma więc prawo inicjacji transakcji sieciowych. Takie prerogatywy posiadają w systemach typu master-slave wyłącznie jednostki nadrzędne (np. w sieci MODBUS RTU czy w sieci AS-i).

3. Czy rozgłoszeniowy tryb komunikacji jest charakterystyczny wyłącznie dla sieci typu multimaster?

Nie. Decyduje prawo do inicjacji transakcji sieciowych. Rozgłoszeniowy tryb komunikacji występuje także w sieciach typu monomaster (np. MODBUS RTU, AS-i). W sieciach typu monomaster prawo inicjacji transakcji (w tym transakcji o charakterze rozgłoszeniowym) ma wyłącznie jednostka nadrzędna.

4. Jaka jest różnica w rozgłoszeniowym trybie komunikacji w sieciach typu monomaster i multimaster?

W obu typach sieci wiadomość lub rozkaz generowany w rozgłoszeniowym trybie komunikacji dociera do wszystkich urządzeń sieciowych.

- ❑ W przypadku sieci typu monomaster żadne z urządzeń sieciowych nie ma prawa udzielenia odpowiedzi na taką wiadomość lub rozkaz.
- ❑ W przypadku sieci typu multimaster jedno lub więcej urządzeń sieciowych ma prawo udzielenia odpowiedzi na taką wiadomość lub rozkaz.

5. Czy w sieci CAN jest możliwy tryb transmisji zgodny z modelem master-slave?

Tak. Ten tryb transmisji może być wymuszony w warstwie aplikacyjnej przez wybór odpowiedniego modelu współpracy urządzeń sieciowych. Dla przykładu, w protokole CANopen, w każdym momencie czasowym występuje w sieci tylko i wyłącznie jedno urządzenie nadrzędne typu master. Pozostałe urządzenia traktowane są jako urządzenia podporządkowane. Urządzenie typu master wysyła żądanie do jednego lub wielu urządzeń podporządkowanych. Urządzenie podporządkowane odpowiada

na żądanie urządzenia typu master. Ten model współpracy urządzeń jest podobny do modelu stosowanego np. w sieci MODBUS RTU

6. Czy model komunikacyjny typu master-slave jest jedynym dostępnym w protokole CANopen?

Nie. W protokole CANopen możliwe są modele komunikacyjne typu: master-slave, klient-serwer, producent-konsument.

7. Na czym polega model komunikacyjny typu klient-serwer?

Model komunikacyjny typu klient-serwer polega na komunikacji pomiędzy klientem i jednym serwerem. Klient wysyła do serwera żądanie wykonania określonej akcji. Po jej wykonaniu, serwer wysyła odpowiedź potwierdzającą do klienta.

8. Na czym polega różnica pomiędzy modelem komunikacyjnym typu master-slave i klient-serwer?

Różnica polega na odwróceniu ról. W model komunikacyjnym typu master-slave, jednostka typu master kieruje żądania transmisji kolejno do wielu urządzeń podporządkowanych. Każde z tych urządzeń może być traktowane jako dedykowany serwer świadczący usługi wyłącznie jednostce typu master. W modelu klient-serwer wiele urządzeń sieciowych ma prawo żądać wiadomości z wybranego urządzenia odgrywającego rolę serwera.

9. Na czym polega model komunikacyjny typu producent-konsument?

Model komunikacyjny typu producent-konsument polega na dwukierunkowej komunikacji pomiędzy jednym producentem i wieloma konsumentami wiadomości. Występują dwa tryby tego modelu komunikacji:

- Tryb *push*, w którym prawo inicjowania transakcji należy do producenta. Konsument wyłącznie odbiera (konsumuje) wiadomość i nie ma obowiązku jej potwierdzenia.
- Tryb *pull*, w którym prawo inicjowania transakcji należy do konsumenta (złożenie zamówienia). Producent realizuje żądanie konsumenta (realizuje zamówienie) i odpowiada (wysyła zamówiony produkt) konsumentowi. Odpowiedź udzielona przez producenta jest jednocześnie potwierdzeniem przyjęcia żądania konsumenta (zamówienia) i jest dostępna także dla innych konsumentów.

10. Na czym polega różnica pomiędzy modelem komunikacyjnym typu klient-serwer i producent-konsument w trybie *pull*?

Oba modele są zgodne.

11. Do czego służą obiekty PDO ?

Obiekty PDO służą do wymiany wiadomości (danych) pomiędzy urządzeniami sieciowymi. Obiekty te mają wysoki priorytet i mogą zawierać do 8 bajtów danych w jednej wiadomości.

12. Jaki model komunikacji stosowany jest do transmisji obiektów PDO w protokole CANopen ?

W protokole CANopen do transmisji obiektów PDO stosowany jest model komunikacji typu producent- konsument. Zapis obiektów PDO odbywa się w trybie *push*, natomiast odczyt obiektów PDO odbywa się w trybie *pull*.

13. Do czego służą obiekty SDO ?

Obiekty SDO służą do wymiany wiadomości (parametrów) pomiędzy urządzeniami sieciowymi. Obiekty SDO umożliwiają zapis i odczyt parametrów bezpośrednio do i ze słownika obiektów. Obiekty SDO przesyłane są zazwyczaj asynchronicznie z priorytetem niższym niż obiekty PDO.

14. Do czego służą obiekty SYNC ?

Obiekty typu SYNC wysyłane są w celu synchronizacji zadań realizowanych przez węzły sieci. W stosunku do obiektów SYNC (podobnie jak obiektów Time Stamp) stosuje się rozgłoszeniowy tryb transmisyjny typu *push*. Obiekt SYNC jest transmitowany w regularnych odstępach czasu przez jeden z węzłów sieci zwany producentem SYNC. Okres transmisji jest określony przez parametr zwany okresem cyklu komunikacji i jest jednym z parametrów słownika obiektów producenta SYNC. Obiekty typu SYNC są przesyłane z ma wysokimi priorytetami .

15. Jaki model komunikacji stosowany jest do transmisji obiektów SDO w protokole CANopen ?

W protokole CANopen do transmisji obiektów SDO stosowany jest model komunikacji typu klient-serwer. Klientem jest w tym przypadku urządzenie sieciowe (węzeł) żądające wymiany wiadomości (odczyt lub zapis z lub do słownika obiektów), natomiast serwerem jest urządzenie udostępniające swój słownik obiektów. Urządzeniem inicjującym wymianę wiadomości jest zawsze klient. Transmisja obiektów SDO wymaga potwierdzenia. Dlatego każde połączenie komunikacyjne wymaga użycia dwóch wiadomości CAN (żądanie klienta i odpowiedź serwera).

16. Na czym polega transmisja asynchroniczna obiektów?

Transmisja asynchroniczna obiektów (w odróżnieniu od synchronicznej) może się rozpocząć się w dowolnym momencie czasowym i może być wyzwalana: zdarzeniem, zdarzeniem czasowym lub zdalnym żądaniem transmisji wysłane przez konsumenta PDO.

17. Na czym polega transmisja synchroniczna obiektów?

Transmisja synchroniczna obiektów (w odróżnieniu od asynchronicznej) może się rozpocząć się nastąpić tylko w określonym przedziale czasowym, po wystąpieniu obiektu synchronizującego SYNC nadawanego przez jedno z urządzeń w sieci.

18. Na czym polega cykliczna transmisja synchroniczna obiektów?

Cykliczna transmisja synchroniczna jest realizowana okresowo (cyklicznie) po wystąpieniu każdego n -tego obiektu SYNC (n jest parametrem zmiennym).

19. Na czym polega działanie usługi *heartbeat*?

Usługa *heartbeat*, obok usługi dozoru węzłów, umożliwia nadzorowanie pracy sieci z protokołem CANopen. Usługa *heartbeat* polega na tym, że każde urządzenie jako producent w regularnych odstępach czasu wysyła do sieci informację potwierdzającą jego obecność w sieci. Konsumentami mogą być wszystkie urządzenia w sieci. Jeżeli w określonym czasie konsument nie otrzyma obiektu *heartbeat* z konkretnego węzła, to generowane jest zdarzenie informujące o tym lokalną aplikację zarządzającą pracą konsumenta.

20. Czy topologia drzewa jest stosowana w sieci CAN?

Nie. W sieci CAN możliwe jest stosowanie topologii magistrali z odgałęzieniami lub topologii łańcucha. Topologie pierścienia, rozgałęzionego drzewa, gwiazdy siatki nie są stosowane

21. W sieci MODBUS, w przypadku stosowania w warstwie fizycznej nadajników/odbiorników linii zgodnych z RS485, stosowane są rezystory terminalne. Czy istnieje konieczność stosowania takich rezystorów także w sieci CAN?

Tak. W sieci CAN rezystory terminalne są stosowane. Rezystory terminalne montowane są na fizycznych końcach sieci. Pozwalają one na tłumienie efektów odbić w magistrali.

22. Czy brak rezystorów terminalnych całkowicie uniemożliwia transmisję w sieci CAN?

Nie. W sieciach CAN o stosunkowo małych prędkościach transmisji i krótkim zasięgu, brak rezystorów terminalnych nie musi oznaczać braku transmisji. Natomiast może wystąpić efekt zwiększonej liczby błędów transmisji.

23. Czy sieć CAN należy do klasy tzw. sieci dwuprzewodowych?

Nie. Sieci dwuprzewodowe to sieci, w których ta sama para przewodów służy do przesyłania informacji i jednocześnie do zasilania urządzeń sieciowych. W sieci CAN linie sygnałowe CAN_H i CAN_L służą wyłącznie do przesyłania informacji. Urządzenia zasilane są zwykle z dodatkowej pary przewodów zasilających biegnących równolegle z parą przewodów sygnałowych. Sieć CAN zalicza się do sieci czteroprzewodowych.

24. Czy sieć CAN może być stosowana w strefach zagrożonych wybuchem?

Nie. Sieć CAN nie jest przeznaczona do pracy w takich strefach.

25. Jaki sygnał jest nośnikiem fizycznym informacji w sieci CAN?

W sieci CAN nadajnik informacji generuje różnicowy sygnał napięciowy. Poziomy napięcia różnicowego zostały zdefiniowane w normach: ISO 11898-2, ISO 11898-3, SAE J2411 i ISO 11992.

26. Czy urządzenia sieciowe CAN muszą być koniecznie zasilane ze specjalnego zasilacza CAN?

Nie. Do zasilania urządzeń sieci CAN mogą być stosowane dowolne zasilacze uniwersalne o charakterystyce źródeł napięcia.

27. Czy w tej samej sieci CAN może być stosowany więcej niż jeden zasilacz?

Tak. Jedyne ograniczenia wynikają z konieczności zachowania elementarnych zasad elektrotechniki polegające na nie dopuszczeniu do łączenia równoległego zasilaczy.

28. Jakie skutki powoduje zwarcie magistrali CAN?

Zwarcie magistrali CAN powoduje trwały paraliż komunikacyjny. Nie powoduje natomiast uszkodzenia sterowników (tranceiverów) węzłów sieci. W wyniku przekroczenia liczby dopuszczalnych błędnych transakcji, po pewnym czasie wszystkie sterowniki zostaną automatycznie odłączone od sieci.

29. Czy zwarcie przewodu sygnałowego CAN_HI do przewodu zasilania +24V powoduje paraliż komunikacyjny w sieci?

Nie. Zwarcie przewodu sygnałowego CAN_HI do przewodu zasilania +24V umożliwia dalsze prowadzenie komunikacji, ale z dużym prawdopodobieństwem występowania częstszych błędów transmisji.

30. Czy zwarcie przewodu sygnałowego CAN_LO do przewodu zasilania 0V powoduje paraliż komunikacyjny w sieci?

Nie. Zwarcie przewodu sygnałowego CAN_LO do przewodu zasilania 0V umożliwia dalsze prowadzenie komunikacji, ale z dużym prawdopodobieństwem występowania częstszych błędów transmisji.

31. Dlaczego w warstwie fizycznej CAN przyjęto sposób kodowania informacji metodą NRZ?

W warstwie fizycznej CAN zastosowano metodę kodowania NRZ (ang. **Non Return to Zero**). W metodzie tej stan logiczny jest reprezentowany przez poziom sygnału fizycznego. Ten sposób kodowania jest bardziej efektywny czasowo niż metoda kodowania typu Manchester.

32. Jakie są podstawowe wady techniki kodowania NRZ?

Podstawową wadą techniki kodowania NRZ jest możliwość utraty synchronizmu sieci w przypadku przesyłania długich ciągów bitowych o tej samej wartości.

33. Czy transmisja w sieci CAN jest synchroniczna?

Tak. Sieć CAN umożliwia dwukierunkową, synchroniczną wymianę informacji.

34. Na czym polega technika *bit stuffing* w sieci CAN?

W CAN sieci problem potencjalnej utraty synchronizmu sieci rozwiązano w ten sposób, że w przypadku występowania ciągów bitowych składających się z samych zer lub samych jedynek i jednocześnie dłuższych niż 5 bitów następuje automatyczne wtrącenie przez nadajnik do transmitowanego ciągu bitowego dodatkowego bitu o przeciwnym stanie logicznym (technika: *bit stuffing*). Zmiana ta pozwala na zachowanie synchronizacji węzłów.

35. Jakie są skutki zastosowania techniki *bit stuffing* w sieci CAN?

Z jednej strony zastosowanie techniki *bit stuffing* pozwala na utrzymanie właściwości samosynchronizacyjnych sieci. Z drugiej strony wydłuża czas transmisji ramki CAN. Dodatkowe bity synchronizujące wtrącone przez nadajnik są usuwane przez podwarstwę MAC warstwy łącza danych odbiornika wiadomości. Z punktu widzenia podwarstwy LLC warstwy łącza danych i warstw wyższych, dodawanie i usuwanie bitów synchronizacyjnych jest całkowicie przezroczyste.

36. Czy wszystkie identyfikatory wiadomości w sieci CAN muszą być unikalne?

Tak. Sieć CAN jest siecią rozgłoszeniową. Każda wiadomość musi mieć swój unikalny identyfikator.

37. Czy maksymalna dopuszczalna prędkość komunikacji w sieci CAN zależy od długości sieci?

Tak. Zgodnie ze specyfikacją ISO 11898-2 maksymalna prędkość transmisji w sieci CAN wynosi 1Mb/s. Ale prędkość ta jest możliwa tylko wówczas, gdy długość magistrali sieci nie przekracza 40m. Ogólnie im dłuższa sieć tym niższa prędkość komunikacji. Dla sieci o długości 1000m maksymalna prędkość transmisji może wynosić zaledwie 20kb/s.

38. Czy możliwe jest odłączenie węzła sieci CAN w czasie pracy sieci?

Tak, ale może spowodować to utratę funkcjonalności sieci nawet, jeśli odłączany węzeł był tylko odbiornikiem wiadomości.

39. Jaka jest maksymalna długość wiadomości transmitowanej w ramce CAN?

Maksymalna długość wiadomości transmitowanej w ramce CAN wynosi 8 bajtów.

40. Jakie funkcje spełnia identyfikator wiadomości?

Identyfikator wiadomości:

- ❑ identyfikuje wiadomość w sieci,
- ❑ określa priorytet wiadomości,
- ❑ pozwala na rozstrzygnięcie arbitrażu nieniszczącego.

41. Czy identyfikatory wiadomości generowanych przez różne węzły mogą być identyczne?

Tak. Na przykład, gdy określony węzeł sieci potrzebuje wiadomości (danych) z innego węzła, to wysyła odpowiednio sformatowaną wiadomość zwaną żądaniem transmisji (REMOTE FRAME). W odpowiedzi inny węzeł przesyła żadaną wiadomość w postaci ramki danych (DATA FRAME). Identyfikatory obu tych wiadomości są identyczne.

42. Kiedy konieczny jest arbitraż?

Arbitraż konieczny jest wtedy, gdy dwa lub więcej węzły sieci zaczną nadawać jednocześnie. W sieci, w danej chwili czasowej, jedynie jedno i tylko jedno urządzenie może przysyłać dane. W związku z tym, najpóźniej w momencie, w którym będzie transmitowane pole danych ramki CAN, powinno zapaść rozstrzygnięcie, który z nadajników równocześnie startujących w wyścigu o dostęp do magistrali będzie miał wyłączne prawo do nadawania.

43. Na czym polega arbitraż nieniszczący?

Jeżeli dwa lub więcej węzłów sieci rozpocznie transmisję wiadomości w tym samym momencie, to wystąpi konflikt dostępu do medium. Konflikt ten jest rozstrzygany w procesie nieniszczącego arbitrażu. W przypadku jednoczesnego rozpoczęcia transmisji ramek wiadomości o tym samym identyfikatorze (ramki danych i żądania transmisji) arbitraż wygrywa ramka danych. Podczas arbitrażu, każdy nadajnik każdego węzła dla każdego wysyłanego bitu porównuje wartość stanu logicznego wysyłanej wiadomości ze stanem logicznym odbieranym z sieci. Jeżeli obie wartości są identyczne, to węzeł może kontynuować nadawanie. W przypadku przeciwnym węzeł automatycznie zawiesza tryb nadawania i przechodzi w tryb odbioru informacji. Arbitraż rozgrywany jest wyłącznie w czasie trwania transmisji identyfikatorów wiadomości.

44. Jaka jest różnica pomiędzy ramką standardową, a ramką rozszerzoną?

Ramka standardowa i ramka rozszerzona różnią się długością pola arbitrażu.

45. Czy pole arbitrażu ramki CAN obejmuje wyłącznie pole identyfikatora wiadomości ?

Nie. W transmisji ramki w formacie standardowym pole arbitrażu składa się z 11 bitowego *identyfikatora* oraz bitu *RTR*. W transmisji ramki w formacie rozszerzonym pole arbitrażu składa się z 29 bitowego *identyfikatora* oraz bitów *SRR*, *IDE* i *RTR*.

46. Jakie są formy badania poprawności przesyłanych wiadomości?

Kontrola poprawności ramki wiadomości polega na:

- ❑ porównaniu stanu logicznego wysyłanego bitu ze stanem logicznym medium,
- ❑ generowaniu cyklicznej redundancyjnej sumy kontrolnej CRC (*Cyclic Redundancy Check*),
- ❑ zastosowaniu mechanizmów kontrolnych związanych z techniki kodowania bitów synchronizacyjnych (*bit stuffing*),
- ❑ kontroli integralności ramki.

47. Czy ten sam węzeł może wysyłać ramki o różnych identyfikatorach?

Tak. Identyfikator definiuje ważność informacji, a nie źródło jej pochodzenia.

48. Czy ten sam węzeł może odbierać ramki o różnych identyfikatorach?

Tak. Węzeł może odbierać ramki o różnych identyfikatorach. Może również dokonywać selekcji odbieranych ramek.

49. W jaki sposób węzeł dokonuje selekcji odbieranych ramek?

Każda wiadomość rozsyłana w sieci jest dostępna dla każdego węzła w sieci, w tym oczywiście także dla węzła, który jest jej źródłem. Każdy węzeł, przy pomocy odpowiedniego filtra (maski), może decydować o przyjęciu wiadomości i przekazaniu jej do dalszego przetwarzania lub o jej odrzuceniu. Akceptacja wiadomości realizowana jest na podstawie analizy zawartości identyfikatora wiadomości. Węzły nadawcze wiadomości akceptują je jednocześnie i to niezależnie od identyfikatora.

50. Czy możliwa komunikacja w sieci CAN tylko i wyłącznie z użyciem tylko jednego przewodu sygnałowego?

Tak. Standard SAE J2411 definiuje sieci o niskich wymaganiach dotyczących zarówno prędkości transmisji jak i maksymalnej długości magistrali. Komunikacja odbywa się tylko przy użyciu jednego przewodu z prędkością 33,3kb/s. Maksymalna liczba urządzeń sieciowych wynosi 32.