

# ANALIZA DANYCH W MAGISTRALI CAN NA STANOWISKU DYDAKTYCZNYM

*W artykule scharakteryzowano magistralę danych CAN stosowaną w pojazdach. Podano podstawowe informacje o wartościach napięć, protokole transmisji, budowie ramek. Przedstawiono stanowisko dydaktyczne zawierające drzwi samochodu Fiat Stilo wraz ze sterownikiem magistrali CAN. Przy pomocy analizatora CAN dokonano analizy ramek wysyłanych na magistralę.*

## WSTĘP

W ostatnich latach stale rośnie liczba układów elektronicznych w samochodach związanych z poprawą bezpieczeństwa i komfortu jazdy. To z kolei pociąga za sobą wzrost liczby czujników i układów wykonawczych (aktuatorów) [1], a także ilości przewodów i połączeń elektrycznych, które są najbardziej zawodnymi elementami układów. Wprawdzie ostatnie trendy w budowie systemów elektronicznych samochodu powodują łączenie funkcji sterowania w coraz mniejszej liczbie sterowników przy dalszym wzroście ilości funkcji. To z kolei sprawia, że z informacji wysyłanych przez niektóre czujniki korzysta kilka sterowników. Na przykład z informacji o prędkości pojazdu korzystają takie układy jak: radio, zestaw wskaźników, wspomaganie elektryczne kierownicy, sterownik zamka centralnego. Konieczne stało się więc opracowanie sposobu komunikacji opartej o topologię magistrali, która to, przy zwiększeniu szybkości transmisji, pozwoliłaby na zmniejszenie ilości niezbędnych przewodów.

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych opracowany został przez firmę Bosch standard CAN, natomiast specyfikacja CAN 2.0 funkcjonuje od roku 1991. Od tamtej pory magistrale CAN znalazły zastosowanie w różnych zastosowaniach automatyki przemysłowej.

Magistrala CAN może być użyta wszędzie tam, gdzie priorytetem jest bezbłędna komunikacja, natomiast prędkość transmisji nie jest parametrem krytycznym. CAN to skrót angielskiej nazwy Controller Area Network. Obecnie jest to najpopularniejsza rozwinięta sieć stosowana w pojazdach [3,4].

Cechy charakterystyczne dla omawianej magistrali to m.in. prosta konstrukcja, niski koszt montażu/realizacji, możliwość rozbudowy, duża odporność na zakłócenia sygnału, możliwość realizacji transmisji danych oraz detekcji błędów, stosunkowo wysoka prędkość transmisji danych. Magistrala CAN ma wiele zalet, ale też nie jest pozbawiona wad. Jej wadą jest niewielka przepływność wynosząca maksymalnie 1 Mbit/s. Z tego powodu w niektórych obszarach zastosowań, jak multimedia, zastępowana zostaje innymi rozwiązaniami jak sieci światłowodowe np. MOST lub w nowych rozwiązaniach BMW do sterowania napędem i systemami bezpieczeństwa siecią FlexRay [5].

W jednym samochodzie mogą współpracować ze sobą sieci CAN o różnych prędkościach transmisji, jak również sieć CAN może za pomocą układów GateWay porozumiewać się z innymi sieciami np. LIN.

## 1. TRANSMISJA DANYCH W MAGISTRALI CAN

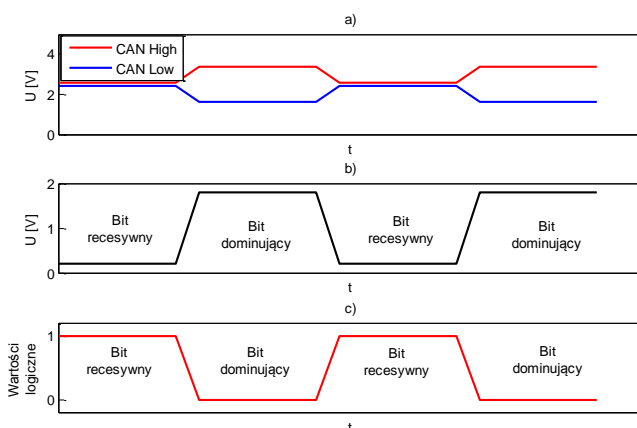
### 1.1. Poziomy napięć

Sieci CAN są zbudowane z dwóch przewodów określonych jako „high” i „low”. Sygnały w tych przewodach są przesyłane metodą „różnicową” czyli tak, aby były one symetryczne względem siebie. Suma napięć w przewodach jest zawsze stała. Dzięki temu ewentualne zakłócenia pól elektromagnetycznych są znoszone. W tabeli 1 przedstawiono poziomy napięć według normy ISO 11898.

**Tab. 1.** Wartości napięć na magistrali CAN według normy ISO 11898 [6]

	Stan dominujący	Stan recesywny
CAN H	3,5 V	2,5 V
CAN L	1,5 V	2,5 V
Różnica	0,9 ÷ 2 V	0 ÷ 0,5 V

Przyjmuje się, że gdy różnica napięć pomiędzy przewodami jest niska (<0.5 V) to na magistrali panuje bit recesywny odpowiadający logicznemu „1”. Jeżeli natomiast różnica ta jest wysoka (>0.9 V) to mamy do czynienia z bitem dominującym odpowiadającym logicznemu „0” (rys.1).



**Rys. 1.** Sygnały na magistrali: a) wartości napięcia w przewodach CAN-High i CAN-Low, b) napięciowy sygnał różnicowy, c) wartości logiczne „0” i „1”

Uporządkowane wysyłanie informacji regulowane jest przez arbitraż. Fundamentalnym wymogiem jest niedopuszczenie, aby w tym samym czasie wiadomości były nadawane przez więcej niż jedno urządzenie. Tylko jeden węzeł może w danej chwili wysłać wiadomość, a wszystkie pozostałe muszą być ustawione w tryb

nasłuchu. Dzięki opisanej wyżej definicji stanów logicznych urządzeń podłączone do magistrali mogą rozpoznać, czy w tej samej chwili nadaje jeszcze jakieś inne urządzenie i jeśli zaistnieje taka potrzeba, przerwać nadawanie swojej wiadomości oraz przełączyć się na nasłuch. Od strony logicznej rozwiązanie problemu arbitrażu przyniosło wykorzystanie protokołu wielodostępu CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). Metoda wielodostępu CSMA/CA wymaga, aby wszystkie urządzenia podłączone do magistrali pracowały z taką samą prędkością.

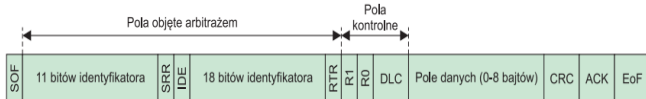
Ważnym założeniem podczas opracowywania standardu CAN był wymóg decentralizacji. Magistrala CAN nie ma urządzenia nadrzędnego, jest więc siecią typu multimaster, co oznacza, że wszystkie elementy mają takie same uprawnienia. Z tego wynika druga charakterystyczna cecha CAN, a mianowicie jest to sieć rozgłoszeniowa (broadcast networks).

## 1.2. Budowa ramki CAN

Standard CAN definiuje cztery rodzaje ramek: danych, przepełnienia, żądania transmisji, sygnalizacji błędu transmisji. Początkowo standard definiował ramkę danych zawierającą 11-bitowy identyfikator (wersja standardu CAN 2.0A). Szybko się jednak okazało, że liczba dostępnych identyfikatorów jest zbyt mała. Dlatego opracowano aktualizację standardu do wersji CAN 2.0B, gdzie ramka ma już 29-bitowe pole identyfikatora. Obecnie większość dostępnych kontrolerów magistrali CAN obsługuje obydwa standardy.

Podstawowa komunikacja może się odbywać na przykład na zasadzie cyklicznego wysyłania ramek danych. Wystarczy, że urządzenia w określonych odstępach czasu będą wysyłać ramki danych, natomiast w identyfikatorze będzie zakodowany adres odbiorcy informacji.

Budowę ramki danych standardu CAN 2.0B pokazano na rys. 2 [6].



Rys. 2. Ramka danych w standardzie CAN 2.0B

Jak wynika z rysunku, w jednej ramce można przesłać maksymalnie osiem bajtów danych. Początek ramki danych jest określony przez pole SOF (Start of Frame), które zawsze jest bitem dominującym. Dalej przesyłane jest pole arbitrażu, a w nim 29-bitowy identyfikator. Za polem sterującym jest miejsce na maksymalnie osiem bajtów danych przeznaczonych do wysłania. Następne pola są związane z procesem wykrywania błędów, który zazwyczaj jest przeprowadzany w sposób sprzętowy przez kontrolery CAN.

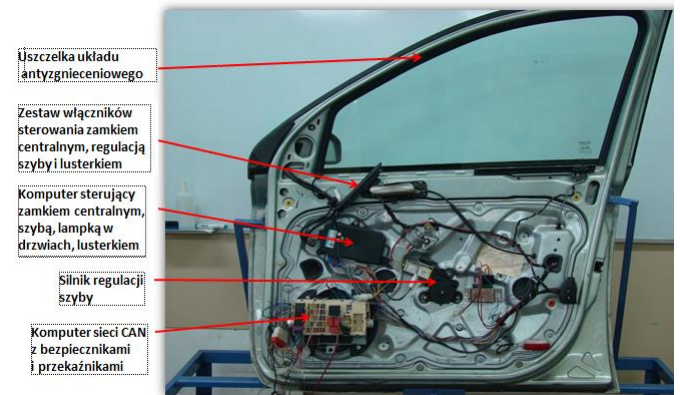
Magistrala CAN jest asynchroniczna, więc do poprawnej pracy wymaga ciągłego zsynchronizowania urządzeń prowadzących wymianę danych. Ma to duże znaczenie w sytuacjach, w których wiele następujących po sobie bitów będzie miało takie same wartości. Bez stosowania dodatkowej metody synchronizacji komunikacja asynchroniczna byłaby w takich warunkach znacznie utrudniona.

## 2. BADANIA NA STANOWISKU DYDAKTYCZNYM

Wykonane stanowisko dydaktyczne w Instytucie Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, bazuje na drzwiach Fiata Stilo (rys.3). W skład zestawu mechatronicznego drzwi wchodzi:

- sterownik szyby, zamka centralnego i lusterka
- sterownik sieci CAN
- czujnik antyzgniecienny w uszczelce szyby

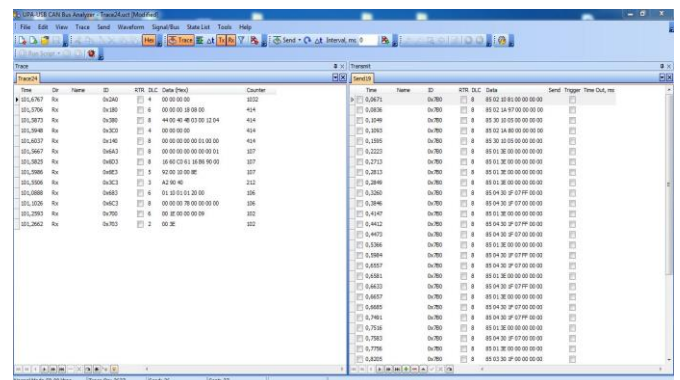
- zamek drzwi wyposażony w zamek centralny z funkcją „dead lock”
- silnik napędu szyby
- silnik do ustawienia lusterka
- zestaw włączników do sterowania zamkiem centralnym, szybą, lusterkiem



Rys. 3. Widok stanowiska

Podzespoły elektryczno–elektroniczne wykorzystane w opisywanej pomocy dydaktycznej wyposażone są w popularną sieć CAN pracującą z prędkością 50 kb/s. Do przeglądania ramek w sieci użyto analizator UPA-CAN.

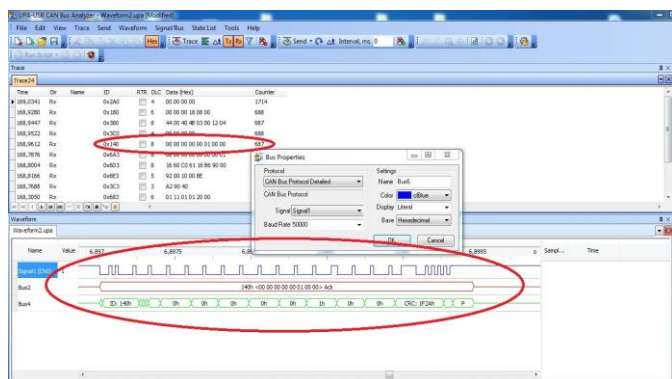
Analizatory CAN są zaawansowanymi narzędziami do identyfikacji, diagnozy i analizy magistrali CAN w technice samochodowej [7]. Pracując w trybie standardowym analizator ma możliwość identyfikacji i śledzenia ramek pojawiających się w sieci. Ponadto, korzystając z funkcji emulatora, może odczytywać ramki sieci CAN i wysyłać je do sterownika, który wykona otrzymane polecenie. Pozwala to na lepsze poznanie sieci CAN, jej działania i zastosowania [8]. Dzięki funkcji emulatora, analizator znajduje również zastosowanie w naprawach podzespołów elektryczno–elektronicznych komunikujących się poprzez sieć CAN. Analizator współpracuje z komputerem przez port USB. Na rys. 4 pokazano widok ekranu z ramkami odczytanymi z sieci CAN.



Rys. 4. Okno główne programu

W lewym oknie ekranu pokazane są wiadomości nadawane w sieci CAN w postaci heksadecymalnej lub binarnej. Z nadawanych ramek program odfiltrował identyfikatory urządzeń w sieci oraz dane o długości do 8 bajtów. Do okna po prawej stronie ekranu można przenosić ramki z okna lewego i wysłać do sieci.

Ramki można również zwizualizować w postaci graficznej. Rys.5. przedstawia jedną z wiadomości odczytanej w postaci bitowej (cyfrowej) w zakładce Trace, a poniżej zakładka Waweform, w której widać trzy sygnały w postaci graficznej i cyfrowo–graficznej.



**Rys. 5.** Wybrana ramka przedstawiona w postaci cyfrowej i cyfrowo-graficznej

Prześledzono i zarejestrowano ramki transmitowane w magistrali CAN na stanowisku dydaktycznym. W tabeli 2 zestawiono przykładowe ramki.

**Tab. 2.** Informacje zawarte w odczytanych ramkach

Nr ramki	ID	DŁUGOŚĆ RAMKI (Liczba bajtów)	DANE
1	0x380	8	46 04 40 4D 00 64 10 04
2	0x140	8	00 00 00 55 04 40 10 00
3	0x140	8	00 00 00 00 00 20 51 00

Po zapisaniu ramek i ponownym wygenerowaniu ich przez analizator stwierdzono, że:

- Ramka 1 – zaświecenie lampki po otwarciu drzwi. Lampka umieszczona w dolnej części tapicerki drzwi
- Ramka 2 – uruchomienie blokady drzwi (zamknij) – zamek centralny
- Ramka 3 – uruchomienie blokady drzwi (otwórz) – zamek centralny

## PODSUMOWANIE

Przedstawione stanowisko pozwala analizować zarówno sterowanie analogowe funkcjami otwierania, zamykania szyby, zamka centralnego czy włączenia lampki drzwi, jak i informacje w sieci CAN nadawane i odbierane przez urządzenia podłączone do tej sieci. Jest ono wykonane w taki sposób, aby można było dodawać do niego kolejne układy elektryczno-elektroniczne takie jak np.: licznik, wspomaganie kierownicy, nagrzewnicę sterowaną automatycznie, radio. To rozwiązanie stwarza możliwości rozbudowy stanowiska oraz zapoznania studentów z rozwiązaniami, budową i działaniem układów mechatronicznych stosowanych w pojazdach samochodowych.

Magistrala CAN jest obecnie standardem w samochodach i pewnie długo nim pozostanie. Dopóki nie zostanie opracowany

standard równie niezawodny, tani i relatywnie prosty w implementacji, jej pozycja będzie niezagrożona. O ile wygląd pojazdów zmienia się nieustannie, o tyle żaden koncern nie będzie wprowadzał zmian w sposobie komunikacji urządzeń, jeśli tylko nie będzie to niezbędne. Nowości w tej dziedzinie, jak sieć MOST czy też FlexRay, można zaobserwować jedynie w najdroższych pojazdach.

## BIBLIOGRAFIA

1. Herer A., Riehl H.J.: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKiŁ, Warszawa 2004.
2. Merkisz J., Mazurek S.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*, WKiŁ, Warszawa 2006.
3. Fryśkowski B., Grzejszczyk E.: *Systemy transmisji danych. Mechatronika samochodowa*, WKiŁ, Warszawa 2010.
4. Zimmermann W., Schmitgall R.: *Magistrale danych w pojazdach*, WKiŁ, Warszawa 2008.
5. Widerski T.: *Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik serwisowy 05/2005*.
6. Bosch: *CAN Specification Version 2.0*, 1991 ([www.can.bosch.com](http://www.can.bosch.com))
7. Jarosz T.: *Problematyka analizy danych w magistrali CAN w pojazdach samochodowych*, *Czasopismo Techniczne. Nauki Podstawowe*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, R. 109, nr 18, 2012, s.75-84.
8. Duer, S. Zajkowski, K. Palkova, Z. Lukac, O.: *Diagnoskopowe badanie sieci CAN, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, R. 17, nr 8, 2016, s.78-81.

### Analysis of CAN bus data on the educational position

*Paper discussed the CAN bus technology used in vehicles, basic information on signal voltages, transmission protocol, construction of frames. The educational position containing a car door of Fiat Stilo with CAN controller was showed. With the help of CAN analyzer the sample frames sent on the bus were identified.*

Autorzy:

mgr **Artur Jabłoński** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Mechaniczny, doktorant w Zakładzie Mechatroniki Samochodowej

dr hab. inż. **Iwona Komorska** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Zakład Mechatroniki Samochodowej, e-mail: iwona.komorska@uthrad.pl