

REFORMA  
2017

Część 1

# Obsługa, diagnozowanie oraz naprawa elektrycznych i elektronicznych układów pojazdów samochodowych

MG:12



Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH
- ELEKTROMECHANIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH



Branża mechaniczna i samochodowa

2017  
ZAPOWIEDŹ

## PUBLIKACJA DO NOWEJ PODSTAWY PROGRAMOWEJ

PREMIERA: SIERPIEŃ 2017



REFORMA  
2017

# Podręczniki do nowej podstawy programowej

## BRANŻA MECHANICZNA I SAMOCHODOWA

TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH, ELEKTROMECHANIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH



Obsługa,  
diagnozowanie  
oraz naprawa  
elektrycznych  
i elektronicznych  
układów pojazdów  
samochodowych.  
Część 2

MECHANIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH, TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH, ELEKTROMECHANIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH, TECHNIK TRANSPORTU DROGOWEGO, MECHANIK-OPERATOR POJAZDÓW I MASZYN ROLNICZYCH, TECHNIK MECHANIZACJI ROLNICTWA I AGROTRONIKI, KIEROWCA MECHANIK



Techniki kierowania  
pojazdami  
mechanicznymi



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
I PEDAGOGICZNE

wspip.pl | infolinia: 801 220 555 | sklep.wspip.pl

# Szanowni Państwo,

z przyjemnością prezentujemy Państwu fragmenty **nowego podręcznika, spełniającego wszystkie wymagania nowej podstawy programowej** kształcenia w zawodach. Jest to publikacja gwarantująca skuteczne przygotowanie do egzaminów zawodowych, napisana językiem zrozumiałym dla ucznia i wzbogacona o atrakcyjny materiał ilustracyjny.

Prawdziwa nowość, warta Państwa uwagi.

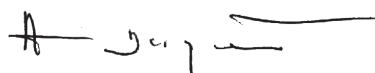
Od 1 września 2017 roku w klasach (semestrach) pierwszych wszystkich typów szkół prowadzących kształcenie zawodowe będzie wdrażana nowa podstawa programowa kształcenia w zawodach, którą przygotowano na podstawie nowej klasyfikacji zawodów. Najważniejsze zmiany polegają na ograniczeniu liczby kwalifikacji do dwóch lub jednej w zawodach dotychczas trójkwalifikacyjnych oraz umożliwieniu absolwentom branżowych szkół I stopnia kontynuacji nauki w szkole II stopnia i uzyskaniu tytułu technika. Modyfikacji ulegają także efekty kształcenia opisane w podstawie programowej. Część z nich znacznie rozszerzono, inne dodano – zarówno w kwalifikacjach, jak i efektach wspólnych dla obszaru czy grupy zawodów. Oznacza to, że skuteczną pracę z uczniem i przygotowanie do nowego egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie trzeba będzie oprzeć na **podręcznikach zgodnych z nową podstawą programową**, które Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne przygotowują na rok szkolny 2017/2018.

Aby umożliwić Państwu zapoznanie się z naszym podręcznikiem, prezentujemy wykaz zawartych w nim treści oraz fragmenty wybranych rozdziałów.

Wierzymy, że przygotowana przez nas oferta umożliwi Państwu efektywną pracę oraz pomoże w skutecznym przygotowaniu uczniów i słuchaczy do egzaminu – zarówno w części pisemnej, jak i praktycznej.

Zapraszamy do korzystania z naszego podręcznika.

## Warto uczyć z nami!



Artur Dzigański

**Dyrektor Kształcenia Zawodowego**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna

**REFORMA  
2017**

**Reforma systemu oświaty wprowadza istotne zmiany do kształcenia zawodowego. To ogromne wyzwanie dla szkół, kadry kierowniczej i nauczycielskiej.**

**Jesteśmy gotowi, by Was wspierać.**

- Przygotowaliśmy ofertę podręczników dostosowanych do nowej podstawy programowej.
- Zapraszamy na szkolenia z obszarów zarządzania, nadzoru pedagogicznego, prawa i inne dostępne w ofercie ORKE.
- Zachęcamy do udziału w konferencjach, e-konferencjach, webinarium odpowiadających na potrzeby kadry nauczycielskiej.
- Pomagamy zwiększyć atrakcyjność i konkurencyjność placówki na rynku dzięki Systemowi Certyfikacji Zawodowych Certup, który uzupełni jej ofertę.
- Wspieramy i edukujemy kadre placówki w zakresie pozyskiwania funduszy europejskich na kształcenie zawodowe.
- Zapewniamy bezpłatne materiały dydaktyczne i metodyczne dla nauczycieli. Sprawdź na: [ucze.pl](http://ucze.pl), [WSiP.net](http://WSiP.net), [zdasz.to](http://zdasz.to).

[sklep.wsip.pl](http://sklep.wsip.pl)

 **KLUB NAUCZYCIELA**  
[ucze.pl](http://ucze.pl)

 [wsipnet.pl](http://wsipnet.pl)

[WWW.ZDASZ.TO](http://WWW.ZDASZ.TO)

 **OR  
Ke**

Szczegółowe informacje na [wsip.pl/szkoly-zawodowe](http://wsip.pl/szkoly-zawodowe)

Dołącz do nas na



[facebook.com/ksztalcimyzawodowo](https://facebook.com/ksztalcimyzawodowo)

REFORMA  
2017

Część 1

# Obsługa, diagnozowanie oraz naprawa elektrycznych i elektronicznych układów pojazdów samochodowych

MCG.12

Grzegorz Dyga  
Grzegorz Trawiński

Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH
- ELEKTROMECHANIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH



Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców:

Typ szkoły: **technikum, branżowa szkoła I stopnia.**

Zawód: **technik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych.**

Kwalifikacja: **MG.12. Obsługa, diagnozowanie oraz naprawa elektrycznych i elektronicznych układów pojazdów samochodowych.**

---

Rok dopuszczenia:

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne  
Warszawa 2017

Wydanie I (2017)

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Małgorzata Skura** (redaktor koordynator)

Redakcja językowa: **Olga Gorczyca-Popławska, Ewa Wojtyra**

Redakcja techniczna: **Elżbieta Walczak**

Projekt okładki: **Dominik Krajewski**

Fotoedycja: **Agata Bażyńska**

Skład i łamanie: **Jacek Chlebicki „TJM”**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna

00-807 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 96

KRS: 0000595068

Tel.: 22 576 25 00

Infolinia: 801 220 555

**www.wsip.pl**

Publikacja, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

**prawolubni**  


Szanujemy cudzą własność i prawo.  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
Polska Izba Książki

## 1. Zasady bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych i elektronicznych

<b>1.1.</b>	Oddziaływanie prądu elektrycznego na człowieka .....	8
<b>1.2.</b>	Zasady bezpieczeństwa .....	10
<b>1.3.</b>	Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem .....	14

## 2. Instalacje elektryczne samochodów

<b>2.1.</b>	Podział i elementy składowe instalacji elektrycznych .....	20
<b>2.2.</b>	Rodzaje zabezpieczeń instalacji elektrycznej .....	26
<b>2.3.</b>	Przełączniki samochodowe .....	32
<b>2.4.</b>	Schematy instalacji elektrycznej .....	36

## 3. Podstawy miernictwa elektrycznego i elektronicznego

<b>3.1.</b>	Przyrządy warsztatowe stosowane w pomiarach elektrycznych i elektronicznych .....	48
<b>3.2.</b>	Zasady wykonywania pomiarów za pomocą multimetru .....	59
<b>3.3.</b>	Pomiary wykonywane za pomocą oscyloskopu .....	67
<b>3.4.</b>	Badanie układów elektronicznych testerem diagnostycznym. Programy diagnostyczne ..	75

## 4. Diagnostyka źródeł energii

<b>4.1.</b>	Budowa i działanie akumulatora .....	86
<b>4.2.</b>	Diagnozowanie akumulatora .....	95
<b>4.3.</b>	Budowa i działanie alternatora .....	106
<b>4.4.</b>	Diagnozowanie alternatorów – klasycznych i sterowanych cyfrowo .....	113
	4.4.1. Wprowadzenie .....	113
	4.4.2. Diagnozowanie alternatora zamontowanego w pojeździe .....	113

## 5. Diagnostyka układu rozruchowego i wspomagania rozruchu

<b>5.1.</b>	Budowa i działanie układu rozruchowego .....	122
<b>5.2.</b>	Diagnozowanie rozrusznika .....	128
<b>5.3.</b>	Diagnozowanie systemu start-stop .....	132
	5.3.1. Budowa i zasada działania systemu start-stop .....	132
	5.3.2. Diagnozowanie systemu start-stop .....	135
<b>5.4.</b>	Diagnozowanie świec żarowych .....	137
	5.4.1. Świece żarowe wspomagające pracę rozrusznika .....	137
	5.4.2. Diagnozowanie świec żarowych .....	140

## 6. Diagnostyka podstawowych sensorów i elementów wykonawczych silnika

<b>6.1.</b>	Charakterystyka systemu diagnostyki pokładowej .....	152
<b>6.2.</b>	Informacje diagnostyczne uzyskiwane z układu OBD II .....	159
<b>6.3.</b>	Diagnozowanie podstawowych czujników silnika .....	166
	6.3.1. Wprowadzenie .....	166
	6.3.2. Diagnozowanie czujników prędkości oraz położenia wału korbowego i wałka rozrządu .....	167
	6.3.3. Diagnozowanie przepływomierzy powietrza .....	173
	6.3.4. Diagnozowanie czujników ciśnienia powietrza .....	178

6.3.5. Diagnostowanie czujników temperatury .....	182
6.3.6. Diagnostowanie sond lambda (czujników tlenu) .....	184
6.3.7. Diagnostowanie czujnika zapełnienia filtra cząstek stałych .....	194
<b>6.4.</b> Diagnostowanie podstawowych elementów wykonawczych silnika .....	197
6.4.1. Diagnostowanie wtryskiwaczy elektromagnetycznych i piezoelektrycznych .....	197
6.4.2. Diagnostowanie zaworu recyrkulacji spalin .....	202
6.4.3. Diagnostowanie elementów układu regulacji prędkości biegu jałowego .....	206
6.4.4. Diagnostowanie zespołu wentylatorów .....	210

## 7. Diagnostyka układu zapłonowego

<b>7.1.</b> Budowa i działanie układu zapłonowego .....	218
<b>7.2.</b> Diagnostowanie układu zapłonowego .....	222
7.2.1. Wprowadzenie .....	222
7.2.2. Diagnostowanie układu zapłonowego z cewkami dwuiskrowymi .....	223
7.2.3. Diagnostowanie układu zapłonowego z cewkami indywidualnymi .....	228
<b>7.3.</b> Kontrola czujnika spalania detonacyjnego .....	234

## 8. Diagnostyka cyfrowych magistral danych

<b>8.1.</b> Podstawy sterowania cyfrowego w samochodach .....	240
<b>8.2.</b> Cyfrowe magistrale danych .....	243
8.2.1. Ogólna charakterystyka cyfrowych magistral danych .....	243
8.2.2. Magistrala CAN .....	244
8.2.3. Magistrala LIN .....	254
8.2.4. Magistrala MOST .....	258
8.2.5. Magistrala FlexRay .....	264
<b>8.3.</b> Diagnostowanie magistrali CAN .....	269
<b>8.4.</b> Diagnostowanie magistrali LIN .....	279
<b>8.5.</b> Diagnostowanie magistrali optycznej (MOST) .....	284

## 9. Diagnostyka wskaźników kontrolno-pomiarowych

<b>9.1.</b> Zestaw wskaźników kontrolno-pomiarowych samochodu .....	290
9.1.1. Zestaw wskaźników kontrolno-pomiarowych .....	290
9.1.2. Diagnostowanie zestawu wskaźników kontrolno-pomiarowych .....	294
<b>9.2.</b> Diagnostowanie czujników płynów eksploatacyjnych .....	296
<b>9.3.</b> Diagnostowanie czujnika prędkości jazdy samochodu .....	311

## 10. Diagnostyka wybranych czujników stosowanych w układach bezpieczeństwa i komfortu

<b>10.1.</b> Diagnostowanie czujników prędkości obrotowej kół .....	316
10.1.1. Czujniki prędkości obrotowej kół .....	316
10.1.2. Ocena stanu czujników prędkości obrotowej kół .....	317
<b>10.2.</b> Diagnostowanie czujników położenia koła kierownicy .....	324
10.2.1. Czujniki położenia koła kierownicy .....	324
10.2.2. Ocena stanu czujników położenia koła kierownicy .....	326
<b>10.3.</b> Diagnostowanie układu poduszek gazowych i napinaczy pasów .....	328
10.3.1. Układ poduszek gazowych i napinaczy pasów – SRS .....	328
10.3.2. Ocena stanu układu SRS .....	328
<b>10.4.</b> Diagnostowanie układów sterujących i silników wycieraczek .....	335



10.4.1. Układ sterujący wycieraczkami . . . . .	335
10.4.2. Ocena stanu technicznego układu wycieraczek . . . . .	339
<b>10.5.</b> Diagnostowanie czujników ciśnienia w ogumieniu . . . . .	342
10.5.1. Układ kontroli ciśnienia w ogumieniu . . . . .	342
10.5.2. Ocena stanu układu nadzoru ciśnienia w ogumieniu . . . . .	350
<b>10.6.</b> Diagnostowanie układów wentylacji i ogrzewania wnętrza oraz układu klimatyzacji . . . . .	354
10.6.1. Układy wentylacji, ogrzewania i klimatyzacji wnętrza samochodu . . . . .	354
10.6.2. Ocena stanu układów wentylacji i ogrzewania wnętrza oraz układu klimatyzacji . . . . .	357

## 11. Diagnostyka instalacji oświetlenia samochodu

<b>11.1.</b> Rodzaje świateł stosowane w pojazdach samochodowych . . . . .	370
<b>11.2.</b> Charakterystyka instalacji oświetlenia . . . . .	376
<b>11.3.</b> Nowe rodzaje oświetlenia samochodu . . . . .	382
<b>11.4.</b> Diagnostowanie instalacji oświetlenia samochodu . . . . .	385

## 12. Diagnostyka instalacji alarmowej, immobilizera i centralnego zamka

<b>12.1.</b> Budowa i działanie instalacji alarmowej pojazdu . . . . .	390
<b>12.2.</b> Budowa i działanie immobilizera . . . . .	398
<b>12.3.</b> Budowa i działanie układu centralnego zamka . . . . .	405
<b>12.4.</b> Diagnostowanie instalacji alarmowej, immobilizera oraz centralnego zamka . . . . .	415
12.4.1. Diagnostowanie instalacji alarmowej . . . . .	415
12.4.2. Diagnostowanie immobilizera . . . . .	421
12.4.3. Diagnostowanie układu centralnego zamka . . . . .	423

## 13 Diagnostyka hybrydowych układów napędowych

<b>13.1.</b> Budowa i działanie hybrydowego układu napędowego . . . . .	432
<b>13.2.</b> Diagnostowanie hybrydowego układu napędowego . . . . .	437
<b>13.3.</b> Zasady bezpieczeństwa dotyczące diagnostowania hybrydowych układów napędowych . . . . .	442

## 14. Diagnostyka sterowników samochodowych

<b>14.1.</b> Budowa i działanie sterowników samochodowych . . . . .	448
<b>14.2.</b> Diagnostowanie sterowników . . . . .	457

## 15. Dokumentacja warsztatowa pojazdu samochodowego

<b>15.1.</b> Dokumentacja związana z przyjęciem pojazdu do warsztatu samochodowego . . . . .	470
<b>15.2.</b> Sporządzanie dokumentacji wykonanych pomiarów elektrycznych . . . . .	474
Wykaz podstawowych pojęć w językach polskim, angielskim i niemieckim . . . . .	478
Źródła ilustracji i fotografii . . . . .	483



# 8. Diagnostyka cyfrowych magistral danych

- Podstawy sterowania cyfrowego w samochodach
- Cyfrowe magistrale danych
- Diagnostowanie magistrali CAN
- Diagnostowanie magistrali LIN
- Diagnostowanie magistrali MOST

## 8.1

# Podstawy sterowania cyfrowego w samochodach

## Z TEGO ROZDZIAŁU DOWIESZ SIĘ:

### ■ co to jest sterowanie cyfrowe

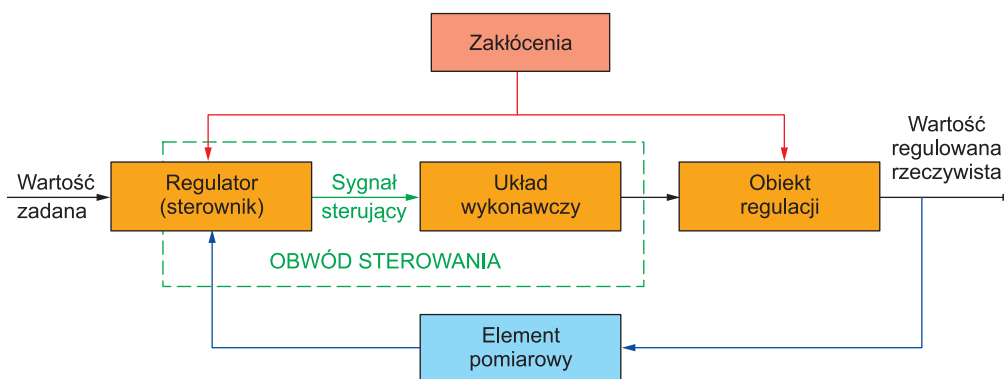
Główne kierunki rozwoju pojazdów samochodowych to:

- dążenie do zmniejszenia zużycia paliwa, a zatem także zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> oraz ilości toksycznych składników spalin (wymuszają to między innymi coraz ostrzejsze normy emisji spalin – w krajach Unii Europejskiej są to normy EURO);
- zapewnienie jeszcze większego bezpieczeństwa czynnego i biernego;
- zwiększanie komfortu i wygody użytkownika pojazdu (niezawodność, wydłużanie okresów międzyobsługowych).

Realizacja tych zadań wymaga między innymi przeprowadzania coraz dokładniejszych kontroli i precyzyjniejszego sterowania pracą poszczególnych zespołów i układów samochodowych. Rozwój układów sterowania to tworzenie nowych i ciągłe doskonalenie już istniejących systemów, które obecnie coraz częściej są systemami sterowania cyfrowego.

**Sterowanie** oznacza oddziaływanie wielkości wejściowych na wielkości wyjściowe. Inaczej mówiąc, jest to celowe działanie na element wykonawczy przez podanie na ten element sygnału sterującego w celu uzyskania określonego efektu.

W **sterowaniu cyfrowym** sygnały sterujące mają postać sygnałów cyfrowych, kodowanych binarnie (o wartości logicznej poszczególnych bitów 0 lub 1). Sterowanie musi łączyć się z **regulacją**. Jest to proces, którego celem jest minimalizacja różnicy wartości wielkości regulowanej (mierzonej) i wartości wielkości zadanej. Obiektem regulacji może być urządzenie, zespół urządzeń lub proces. Schemat ideowy procesu regulacji przedstawiono na rysunku 8.1.



Rys. 8.1. Schemat ideowy procesu regulacji

W każdym układzie regulacji można wyróżnić następujące elementy składowe:

- **wartość zadana** – wielkość wejściowa, wprowadzana do układu regulacji, stanowiąca swego rodzaju wzorzec (odniesienie); układ regulacji dąży do tego, aby wartość regulowana (rzeczywista) była zgodna z wartością zadaną (lub jak najbardziej do niej zbliżona);
- **sterownik** (regulator) – zapewnia porównanie wartości zadanej i wartości regulowanej (rzeczywistej), zmierzonej przez element pomiarowy; na tej podstawie tworzy sygnał sterujący;
- **układ wykonawczy** – element wymuszający zmianę wielkości regulowanej;
- **obiekt regulacji** – urządzenie lub proces, na które oddziałuje układ wykonawczy;
- **zakłócenia** – wszystkie wielkości działające z zewnątrz na układ regulacji, mogące powodować pogorszenie działania układu;
- **element pomiarowy** – czujnik dostarczający do regulatora (sterownika) informacje o wartości regulowanej (tj. rzeczywistej wartości uzyskanej w procesie regulacji).

W samochodzie przykładem regulacji (sterowania) może być układ regulacji składu mieszanki. Podczas pracy silnika z pośrednim wtryskiem benzyny, w celu uzyskania minimalnej ilości składników toksycznych w emitowanych spalinach, skład mieszanki powinien być jak najbardziej zbliżony do stechiometrycznego (współczynnik składu mieszanki  $\lambda = 1$ ).

Wielkością wejściową (wartością zadaną) jest wartość  $\lambda$ , charakteryzująca proporcję między ilością (masą) powietrza a ilością (masą) paliwa. Regulator, którym jest sterownik silnika, otrzymuje z sondy lambda (zamontowanej przed katalizatorem) informacje o resztkowej zawartości tlenu w spalinach (tj. o rzeczywistym składzie spalanej mieszanki). Dzięki tej informacji sterownik określa skład mieszanki – czy jest ona bogata (mała zawartość tlenu w spalinach), czy uboga (duża zawartość tlenu w spalinach). W zależności od wyniku oceny aktualnego (rzeczywistego) składu mieszanki, czyli wartości  $\lambda$  ( $\lambda < 1$  – mieszanka bogata,  $\lambda > 1$  – mieszanka uboga) sterownik silnika generuje sygnał sterujący. Sygnał ten jest przesyłany do elementu wykonawczego (wtryskiwacza paliwa). W wyniku zmiany wielkości wtryskiwanej dawki (masy) paliwa następuje zmiana składu mieszanki mająca prowadzić do osiągnięcia wartości  $\lambda = 1$ . Jeżeli wartość regulowana jest zgodna z zadaną, sterownik utrzymuje sygnał sterujący na poziomie zapewniającym uzyskanie tej wartości. W razie pojawienia się zakłóceń (np. zmiany wartości masy doprowadzanego powietrza) element pomiarowy (sonda lambda) informuje o zmianie składu mieszanki, co wywołuje reakcję sterownika w postaci zmiany wartości sygnału sterującego. Tak więc regulator steruje w tym układzie pracą elementu wykonawczego, przesyłając do niego sygnał sterujący.

W rozpatrywanym przykładzie wartości analogowe z elementu pomiarowego (sondy lambda) zamieniane są w sterowniku na sygnały cyfrowe. Po ich przetworzeniu przez mikrokontroler (mikroprocesor z układami pamięci i odpowiednim oprogramowaniem) oraz uwzględnieniu wartości innych sygnałów wejściowych, mikrokontroler sterownika wysyła do układu sterującego (tzw. stopnia końcowego sterownika) cyfrowy sygnał sterujący pracą elementu wykonawczego. W zależności od wartości tego sygnału następuje *załączenie* lub *wyłączenie* doprowadzenia energii (przepływu prądu) do elementu wykonawczego (np. wtryskiwacza). Można więc uznać, że wartości bitowej 0 lub 1 odpowiada stan ZASILANIA lub NIEZASILANIA elementu wykonawczego.

Rozwój elektroniki sprawił, że coraz więcej układów sterowania to systemy elektroniczne, wypierające dotychczas stosowane systemy sterowania mechanicznego, pneumatycznego czy hydraulicznego.

Współczesne samochodowe układy sterowania (regulacji) wymagają dostarczania do sterownika (regulatora) dużej liczby sygnałów wejściowych z różnego rodzaju czujników. Często różne układy potrzebują tych samych informacji (pochodzących z tego samego

czujnika). Można je doprowadzić do kilku sterowników dwojako: albo podłączyć do każdego z nich osobny czujnik mierzący tę samą wielkość, albo rozdzielić sygnał z jednego czujnika na kilka sterowników. Niezależnie od zastosowanego rozwiązania powoduje to wzrost liczby przewodów i złączy w instalacji pokładowej samochodu, co negatywnie wpływa na niezawodność działania wielu układów.

Coraz większa dokładność regulacji (precyzja sterowania) wymaga, aby sygnały wyjściowe prawidłowo informowały sterownik (regulator) o mierzonej wielkości. Z powodu występowania zakłóceń elektromagnetycznych, wywołanych pracą innych układów samochodu (np. układu zapłonowego silnika), sygnały analogowe (np. napięciowe), docierające do sterownika, mogą być zafalszowane nawet wtedy, gdy czujnik działa prawidłowo. W wyniku błędnych informacji sterownik w niewłaściwy sposób reguluje działanie elementu wykonawczego, co jest przyczyną dodatkowych zakłóceń w procesie sterowania. Może nawet dojść do uzyskania efektu przeciwnego do zamierzonego i wtedy wymagana jest korekta wielkości nastawczej. Wydłuża to czas osiągnięcia pożądanego stanu, a dokładność regulacji maleje.

Sygnał wyjściowy z analogowego czujnika musi być wstępnie dopasowany w sterowniku (np. odfiltrowany, czyli pozbawiony zakłóceń, wzmocniony lub ograniczony do zakresu akceptowanego przez sterownik) oraz zamieniony w postać cyfrową (w przetworniku analogowo-cyfrowym – A/C). Powoduje to opóźnienie docierania informacji o mierzonej wielkości w porównaniu do rzeczywistej chwili jej pomiaru oraz powstawanie błędów wynikających z przetwarzania.

Układy sterowania wymagają dostarczania dużej liczby informacji w czasie rzeczywistym (tj. bez opóźnień). Wymusiło to zastosowanie w samochodach cyfrowych magistral danych. Służą one do cyfrowego komunikowania się sterowników różnych układów (systemów, zespołów) między sobą, odbierania informacji z czujników cyfrowych oraz sterowania elementami wykonawczymi za pomocą sygnału cyfrowego.

W porównaniu do analogowego, sterowanie cyfrowe ma wiele zalet. Najważniejszą z nich jest brak konieczności zamieniania sygnału z mikrokontrolera w sygnał analogowy, podawany na element sterujący. Sygnał cyfrowy jest znacznie odporniejszy na zakłócenia elektromagnetyczne. Dlatego też elementy wykonawcze coraz częściej są sterowane cyfrowo. Niektóre czujniki mają odpowiednie układy wyjściowe, umożliwiające cyfrowe (binarne) przesyłanie danych o mierzonej wielkości fizycznej. Wzajemne połączenie tych elementów (oraz połączenie ich ze sterownikiem) zapewniają cyfrowe magistrale danych.



## PYTANIA I POLECENIA

1. Wyjaśnij, co to jest proces regulacji.
2. Na czym polega cyfrowe sterowanie elementami wykonawczymi?
3. Wymień zalety sterowania cyfrowego w porównaniu do sterowania analogowego.

# 8.2

## Cyfrowe magistrale danych

### Z TEGO ROZDZIAŁU DOWIESZ SIĘ:

- jakie rodzaje cyfrowych magistral danych są stosowane w samochodach
- jak są zbudowane i jak działają magistrale CAN małej i dużej prędkości
- jak jest zbudowana i jak działa magistrala LIN
- jak są zbudowane i jak działają magistrale MOST i FlexRay

### 8.2.1. Ogólna charakterystyka cyfrowych magistral danych

W zależności od zastosowanego kryterium możemy wyróżnić kilka rodzajów magistral danych stosowanych w samochodach.

Ze względu na sposób przekazywania informacji rozróżniamy magistrale:

- przewodowe,
- bezprzewodowe – np. stosowana w coraz większej liczbie samochodów magistrala Bluetooth, która do przekazywania danych wykorzystuje fale radiowe o niewielkim zasięgu – pasmo 2,45 GHz, stosowana także w bezprzewodowej komunikacji urządzeń komputerowych; umożliwia połączenie do magistrali danych samochodu np. telefonu komórkowego – kierowca może wówczas korzystać podczas odbierania i nawiązywania połączeń telefonicznych z przycisków wbudowanych w deskę rozdzielczą lub kierownicę (bez konieczności używania klawiatury telefonu), co zwiększa bezpieczeństwo jazdy (rys. 8.2).



**Rys. 8.2.** Wygląd ekranu wyświetlacza, umieszczonego na desce rozdzielczej samochodu, podczas wybierania numeru telefonu (klawiatura alfanumeryczna) w trakcie nawiązywania łączności z wykorzystaniem transmisji bezprzewodowej Bluetooth

Ze względu na szybkość przesyłania informacji wyróżniamy magistrale przewodowe (według normy SAE):

- klasy A, o szybkości transmisji poniżej 20 kbit/s (magistrala LIN);
- klasy B, o szybkości transmisji do 125 kbit/s (np. magistrala CAN low speed);
- klasy C, o szybkości transmisji danych do 1 Mbit/s (np. magistrala CAN high speed);
- klasy D, o szybkości transmisji powyżej 10 Mbit/s (magistrale FlexRay, MOST).

Magistrala optyczna MOST stosowana jest w samochodach nowszej generacji do przekazywania informacji audio-wideo i tekstowych, wymagających dużej szybkości transmisji danych. Magistrala FlexRay zapewnia znacznie większą szybkość przesyłania danych i niezawodność (pewność) działania w porównaniu z innymi magistralami samochodowymi (np. CAN). Na razie instalowana jest wyłącznie w najbardziej zaawansowanych technicznie pojazdach, ale w przyszłości będzie podstawową magistralą danych w samochodach z dużą liczbą sterowanych elektrycznie układów (ang. *drive-by-wire*).

Ze względu na fizyczny sposób przesyłania informacji przewodowe magistrale danych dzielimy na:

- tradycyjne (sygnały elektryczne są przekazywane za pośrednictwem przewodów miedzianych: jednego przewodu – magistrala LIN, dwóch przewodów – magistrala CAN, dwóch par przewodów – magistrala FlexRay);
- optyczne (fala świetlna przekazywana jest światłowodem, np. magistrala MOST).

Obecnie w większości samochodów najczęściej instalowane są magistrale CAN i LIN, choć istnieją też inne ich rodzaje. Zestawienie podstawowych cech najczęściej stosowanych magistral danych podano w tabeli 8.1.

**Tabela 8.1.** Zestawienie podstawowych cech cyfrowych magistral danych wykorzystywanych w samochodach

Magistrala	LIN	CAN low speed	CAN high speed	Bluetooth	MOST	FlexRay
Rodzaj	jednoprzewodowa	dwuprzewodowa	dwuprzewodowa	bezprowadowa	optyczna (światłowodowa)	dwie pary przewodów
Struktura (topologia)	gwiazdy lub linearna	najczęściej linearna	najczęściej linearna	sieć radiowa	pierścieniowa	różne (gwiazdy, mieszana)
Szybkość transmisji (maks.)	do 20 kbit/s	do 125 kbit/s	do 1 Mbit/s	do 3 Mbit/s	do 50 Mbit/s	do 10 Mbit/s
Liczba stacji (maks.)	16	24	10	8	64	2048
Metoda sterowania	sterowanie czasowe	sterowanie zdarzeniami	sterowanie zdarzeniami	sterowanie zdarzeniami	sterowanie czasowe i zdarzeniami	sterowanie czasowe i zdarzeniami

### 8.2.2. Magistrala CAN

Magistrala **CAN** (ang. **C**ontroler **A**rea **N**etwork) jest najczęściej stosowaną magistralą wymiany danych w pojazdach. Została ona opracowana w drugiej połowie lat 80. XX w. Początkowo była przeznaczona do samochodów wyższej klasy, obecnie jest stosowana w większości pojazdów. Zapewnia wymianę danych między:

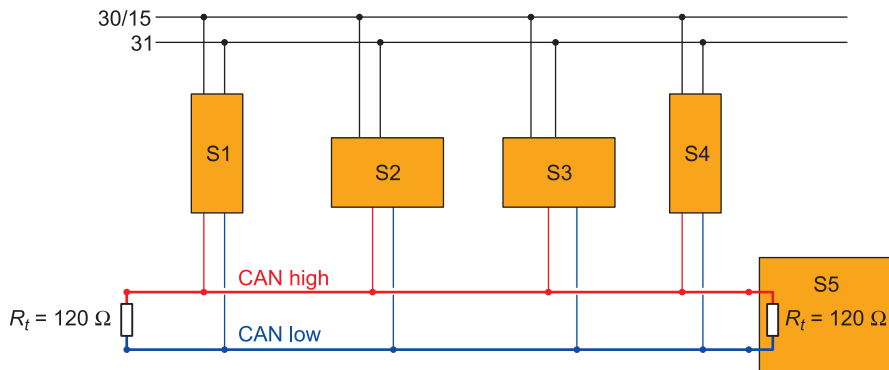


- sterownikami różnych układów i czujnikami przekazującymi im wymagane informacje o stanie pracy (np. z czujnika położenia – kąt skrętu koła kierownicy jest przekazywany do sterownika układu ESP) oraz elementami wykonawczymi; elementy te są wyposażone w sterownik z odpowiednim układem nadawczo-odbiorczym (ang. *transceiver*), umożliwiającym podłączenie do magistrali danych;
- sterownikami różnych systemów (silnika, automatycznej skrzyni biegów, układu zapobiegającego blokowaniu kół podczas hamowania – ABS, układu antypoślizgowego – ASR, układu stabilizacji jazdy – ESP, układu poduszek gazowych i pirotechnicznych napinaczy pasów – SRS, układu aktywnej regulacji zawieszenia, układu adaptacyjnej regulacji prędkości – ACC, zestawu wskaźników deski rozdzielczej, klimatyzacji itp.);
- zewnętrznymi urządzeniami diagnostycznymi podłączanymi do gniazda diagnostycznego OBD II – testerami diagnostycznymi i czytnikami kodów usterek.

W zależności od maksymalnej szybkości przesyłania danych rozróżniamy magistrale CAN:

- małej szybkości (CAN low speed), w której szybkość transmisji danych dochodzi do 125 kbit/s;
- dużej szybkości (CAN high speed), w której szybkość transmisji danych dochodzi do 1 Mbit/s (1 Mbit = 1000 kbit).

Ideowy schemat magistrali danych CAN pokazano na rysunku 8.3.



**Rys. 8.3.** Schemat ideowy magistrali danych CAN high speed

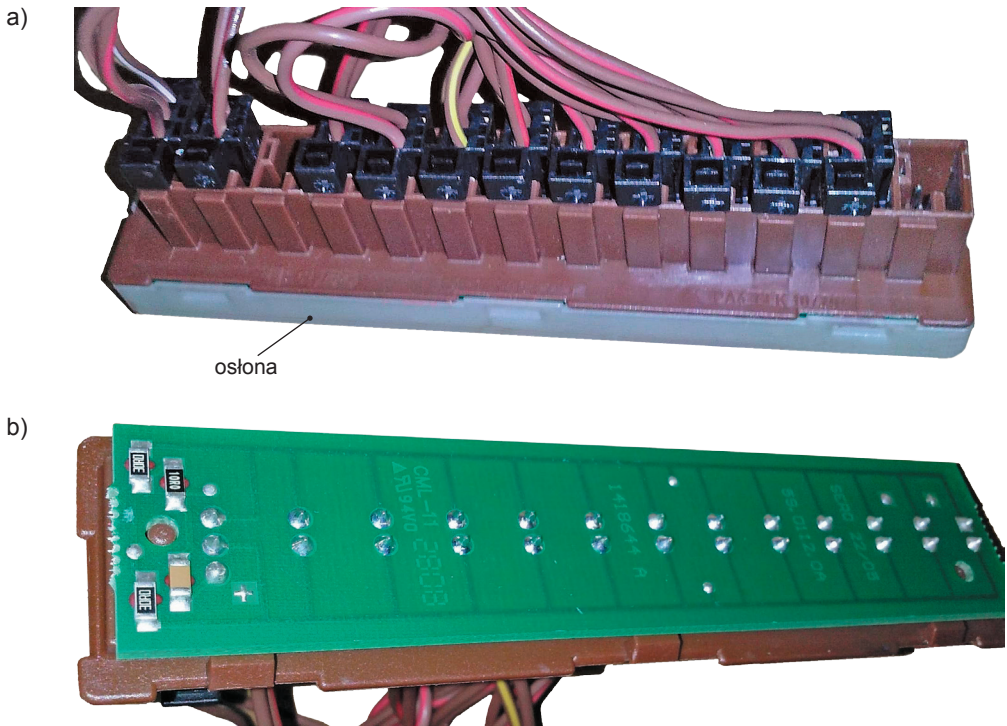
S1–S4 – stacje magistrali,  $R_t$  – rezystor terminujący, CAN low, CAN high – przewody magistrali

Magistrala CAN jest dwuprzewodowa. Tworzą ją przewody miedziane, wzajemnie splecione typu skrętka. Przewody są tego samego koloru z dodatkowym kolorem wyróżniającym. Do każdego przewodu (CAN low i CAN high) magistrali podłączone są stacje magistrali (elementy S1–S5 na rys. 8.3), przy czym jeden przewód łączy stację z przewodem CAN low, a drugi z przewodem CAN high. Dla ułatwienia diagnozowania poszczególne stacje magistrali podłączone są w węzłach (tj. rozdzielaczach, dzielnikach potencjału), odpowiednio oznaczonych na schematach (rys. 8.13), lub w punktach kontaktowych magistrali. Punkty kontaktowe stanowią połączenie odizolowanych końców przewodów magistrali, które są ściśnięte w jednym lub w większej liczbie punktów (umieszczonych w określonym miejscu instalacji elektrycznej samochodu – najczęściej wiązki przewodów elektrycznych), a niekiedy zakończone specjalnym złączem wtykowym, umożliwiającym podłączenie specjalnego adaptera do wykonywania pomiarów elektrycznych. Sposób technicznego rozwiązania węzłów połączeniowych magistrali CAN zależy od producenta

samochodu. Każda stacja zasilana jest z instalacji pokładowej i podłączona do masy samochodu.

Sposób podłączenia poszczególnych stacji do magistrali nazywa się **topologią fizyczną**. W samochodowych magistralach CAN zazwyczaj stosowana jest **topologia linearna** (rys. 8.3), gdzie stacje są podłączone do przewodów magistrali w różnych punktach. Rzadziej spotykana jest **topologia gwiazdy**, gdzie wszystkie stacje są podłączone w tym samym punkcie (węźle). Niekiedy stosuje się bezpośrednie połączenie dwóch stacji (sterowników) magistrali. Najczęściej wykorzystywana jest **topologia drzewiasta**, będąca kombinacją topologii linearnej i topologii gwiazdy (linearno-gwiazdzista). Taki sposób podłączenia stacji ułatwia diagnozowanie magistrali CAN.

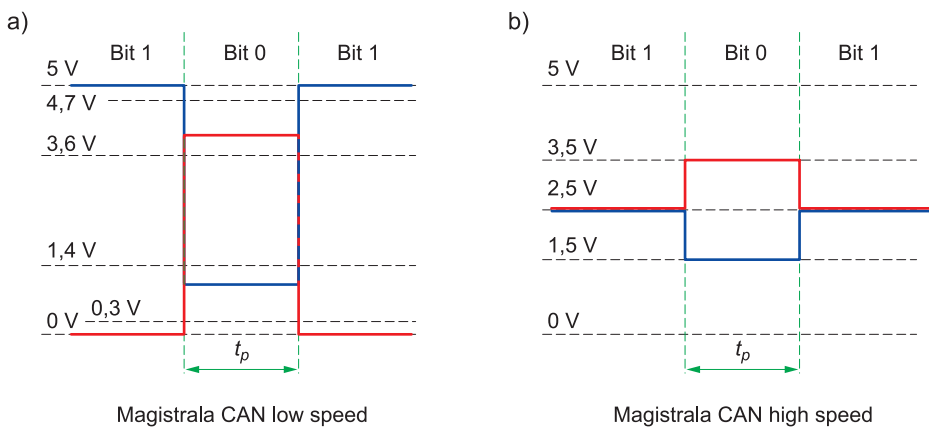
Poszczególni producenci samochodów stosują różne sposoby łączenia przewodów stacji do przewodów magistrali. Dla ograniczenia odbicia sygnału na obu końcach magistrali CAN high speed zamontowane są terminatory (rezystory terminujące  $R_t$  – patrz rys. 8.3) o rezystancji ok.  $120 \Omega$  każdy. W niektórych rozwiązaniach magistrali CAN stosowany jest tylko jeden rezystor (terminator) o wartości rezystancji ok.  $60 \Omega$ . Innym sposobem zapobiegania odbiciu sygnałów jest umieszczenie na jednym końcu magistrali (w jednym ze sterowników, np. sterowniku silnika) rezystora o wartości ok.  $68 \Omega$ , a na drugim – rezystora o wartości od  $2000$  do  $3000 \Omega$ . Spotyka się także inne rozwiązania zakończenia przewodów magistrali CAN. Niezależnie od tego rezystancja mierzona między przewodami CAN low i CAN high (przy wyłączonym zasilaniu – wyłączniku zapłonu) dla sprawnej magistrali CAN high speed powinna wynosić ok.  $60 \Omega$ .



**Rys. 8.4.** Rozdzielacz (dzielnik potencjału) magistrali CAN: a) widok ogólny, b) rezystory terminujące umieszczone w dzielniku potencjału (zdjęto jego osłonę pokazaną na rysunku a)

Terminatory umieszcza się na obu końcach przewodów (CAN low i CAN high), zazwyczaj w stacjach położonych na obu końcach magistrali. W niektórych rozwiązaniach rezystor (terminator) znajduje się w dzielniku potencjału (rozdzielaczu) – rys. 8.4. Umieszczenie rezystorów terminujących pokazywane jest zwykle na schematach magistrali.

Informacje przesyłane są magistralą CAN w postaci binarnej, w pakietach o określonym formacie (strukturze), zwanych **ramkami**. Sposób ich przekazywania nazywany jest **warstwą komunikacyjną**. Poszczególne ramki danych zawierają bity z zakodowaną informacją. Wartość logiczną przesyłanego bitu (0 lub 1) określa odpowiednia dla danej magistrali (CAN low speed i CAN high speed) wartość napięcia na obu przewodach – CAN low i CAN high. Jest ono mierzone względem masy pojazdu i mieści się w zakresie 0–5 V (tzw. zakres TTL – ang. *Transistor-Transistor Logic*). Wartości napięcia odpowiadające poszczególnym stanom pracy magistrali pokazano na rys. 8.5 oraz podano w tabeli 8.2.



**Rys. 8.5.** Wartości napięć na poszczególnych przewodach magistrali CAN low speed (a) oraz CAN high speed (b)

linia czerwona – przewód CAN high, linia niebieska – przewód CAN low,  $t_p$  – czas trwania jednego bitu

**Tabela 8.2.** Wartości napięcia na poszczególnych przewodach magistrali CAN odpowiadające poszczególnym stanom logicznym

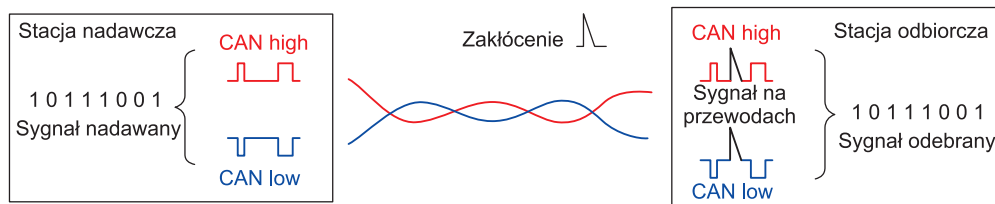
Rodzaj magistrali	Przewód	Napięcie [V]	Stan logiczny (bitowy)	Stan magistrali
CAN low speed	CAN high	≤ 0,3	1	recesywny
		≥ 3,6	0	dominujący
	CAN low	≥ 4,7	1	recesywny
		≤ 1,4	0	dominujący
CAN high speed	CAN high	ok. 2,5	1	recesywny
		ok. 3,5	0	dominujący
	CAN low	ok. 2,5	1	recesywny
		ok. 1,5	0	dominujący

Jeżeli magistralą CAN low speed ma być przesłany bit o wartości logicznej 0, to na przewodzie CAN low pojawi się napięcie o wartości najwyższej 1,4 V (np. 1 V – rys. 8.5a), a na przewodzie CAN high o wartości co najmniej 3,6 V (np. 4 V – rys. 8.5a). Przesłanie bitu o wartości logicznej 1 wymaga pojawienia się na przewodzie CAN high napięcia najwyższej 0,3 V (np. 0 V – rys. 8.5a) oraz na przewodzie CAN low napięcia co najmniej 4,7 V (np. 5 V – rys. 8.5a).

Jeżeli magistralą CAN high speed ma być przesłany bit o wartości logicznej 1, to na obu przewodach – CAN low i CAN high – pojawi się napięcie ok. 2,5 V (rys. 8.5b). Przesłanie bitu o wartości logicznej 0 wymaga podwyższenia napięcia na przewodzie CAN high do wartości ok. 3,5 V oraz obniżenia napięcia na przewodzie CAN low do wartości ok. 1,5 V (rys. 8.5b).

Wartości napięć stosowanych przez poszczególnych producentów samochodów mogą się różnić, ale spełniają wymagania podane w tabeli 8.2.

**Stan logiczny magistrali** (wartość przesyłanego bitu) określa różnica napięć między przewodami CAN high i CAN low. Jest to istotna cecha magistrali, zwiększająca jej odporność na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne. Zilustrowano to schematycznie na rysunku 8.6.



**Rys. 8.6.** Ilustracja wpływu zakłóceń na sygnał odczytany przez sterownik CAN

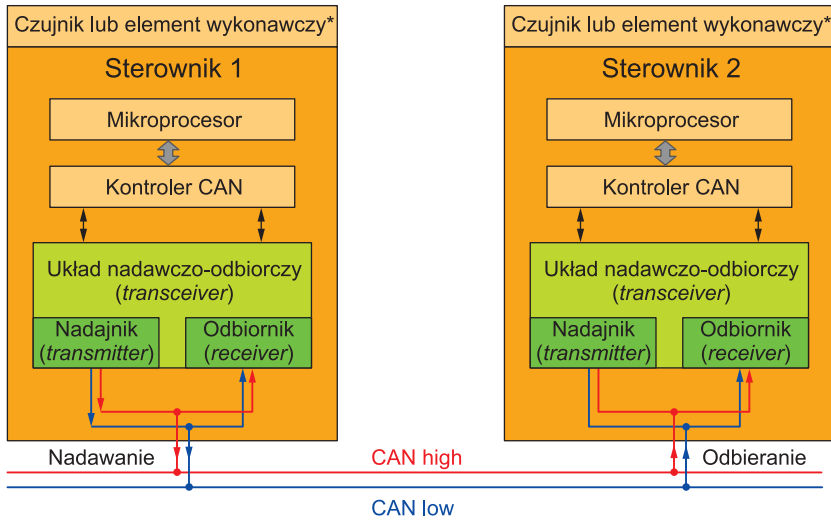
W przypadku pojawienia się zakłóceń na obu przewodach (CAN low i CAN high) magistrali napięcie zmieni się o tę samą wartość (np. wzrośnie, jak to pokazano na rys. 8.6). Ponieważ sterownik odbierający informację przesyłaną magistralą odczytuje ją jako różnicę napięć na przewodach CAN high i CAN low, odebrany sygnał będzie taki sam jak nadany (nie będzie zawierał błędów transmisji).

Każda stacja (sterownik) magistrali CAN zawiera układ nadawczo-odbiorczy (ang. *transceiver*) – rys. 8.7. Nadajnik (ang. *transmitter*) przesyła ramkę danych – ustala wartość napięcia na magistrali CAN podczas jej nadawania. Odbiornik (ang. *receiver*) odczytuje dane przesłane ramką – rejestruje stan napięcia na magistrali. Oba te procesy wykonywane są równocześnie. Jednoczesne nadawanie i odczytywanie zapewnia:

- określenie dostępu poszczególnych stacji (sterowników) do magistrali (umożliwienie nadawania ramki tylko temu sterownikowi, który przesyła komunikat o najwyższym priorytecie),
- wykrycie błędów transmisji stacji (sterownika) przez porównanie stanu bitowego (napięć) na magistrali: oczekiwanego (nadawanego) i uzyskanego (odczytanego) – powinny one być zgodne.

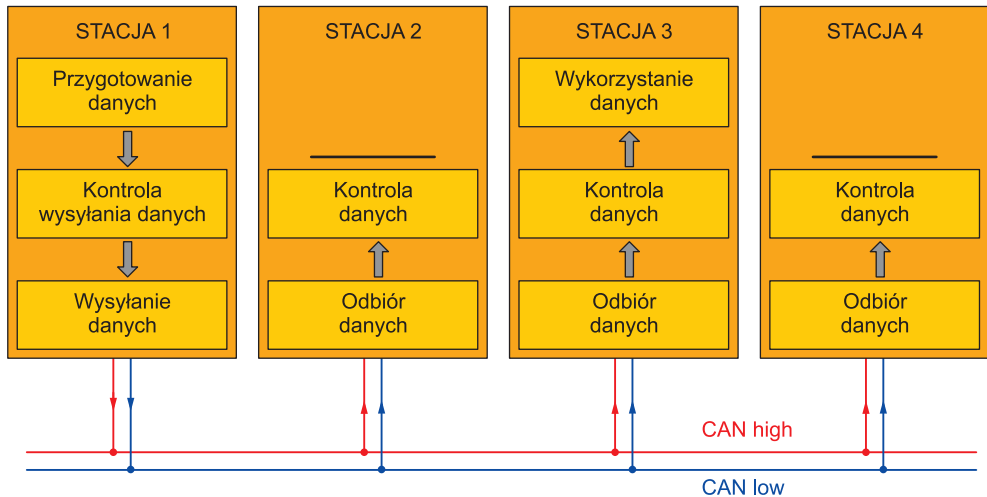
OGólny schemat funkcjonowania magistrali CAN pokazano na rys. 8.8. Cztery przykładowe stacje (sterowniki) podłączone są do magistrali CAN. Stacja 1. uzyskała dostęp do magistrali i rozpoczęła nadawanie ramki danych. Pozostałe stacje odczytują przesłaną informację i oceniają poprawność otrzymanych danych (tj. sprawdzają, czy nie wystąpiły

błędy transmisji). Jeżeli otrzymana informacja została odczytana poprawnie (bez błędów) i była potrzebna danej stacji, następuje jej przetworzenie (wykorzystanie), w przeciwnym razie jest ignorowana. Z rysunku wynika, że informacja przesłana przez stację 1. była ważna (potrzebna) dla stacji 3.



**Rys. 8.7.** Schemat budowy i podłączenia sterowników do magistrali CAN

(\* – element opcjonalny)

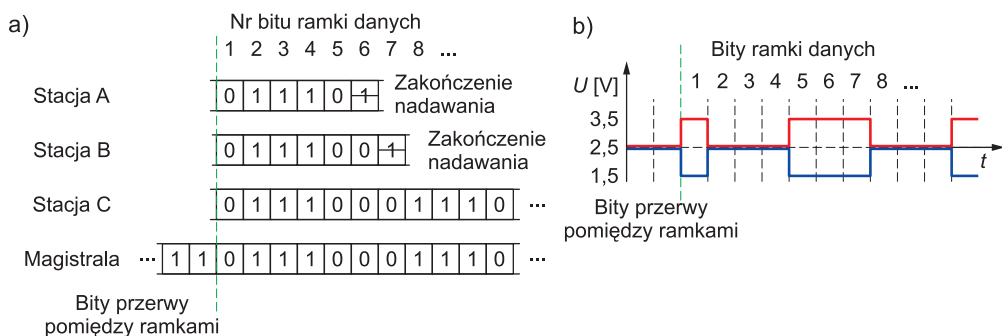


**Rys. 8.8.** Ogólny schemat działania magistrali CAN

Po zakończeniu nadawania pojedynczej ramki danych i krótkiej przerwie (potrzebnej między innymi do przetworzenia danych przez wszystkie sterowniki) rozpoczyna się nadawanie kolejnej ramki. W danej chwili tylko jedna stacja może nadawać ramkę danych,

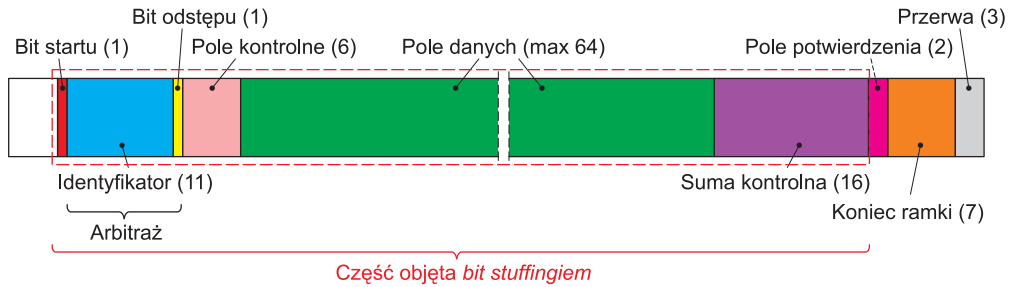
dlatego w magistrali CAN stosowany jest tzw. **arbitraż**. Jego celem jest zapobieżenie kolizji w razie próby równoczesnego nadawania ramek przez kilka stacji, czyli określenie stacji, która pierwsza ma uzyskać dostęp do magistrali. Pierwszeństwo uzyskuje stacja, która ma nadać ramkę o wyższym priorytecie.

Procedurę arbitrażu (na przykładzie magistrali CAN high speed) pokazano na rysunku 8.9. Dostęp do magistrali próbują jednocześnie uzyskać trzy stacje (sterowniki) – A, B i C. Po wygenerowaniu przez wszystkie stacje bitu startu – 0 – odpowiadającego pierwszemu bitowi ramki danych (rys. 8.10) – nadają one równocześnie kolejno trzy bity 1 oraz bit 0. Ponieważ wartość bitowa nadawana przez poszczególne stacje jest taka sama, na przewodach magistrali uzyskuje się wartości napięcia odpowiadające wartości bitowej ustalonej niezależnie przez wszystkie stacje. Sytuacja zmienia się w przypadku szóstego bitu ramki – stacja A chce nadać bit 1, stacje B i C – bity 0. Z uwagi na sposób uzyskiwania napięć na poszczególnych przewodach magistrali oraz na ich poziomy, na przewodach magistrali zostaną ustalone wartości napięcia odpowiadające wartości bitowej 0 (bity dominujące /0/ o większej wartości napięcia niż bity recesywne /1/ „nadpisują” je – mają pierwszeństwo, są istotniejsze). Dla rozpatrywanego przypadku stacja A zauważa niezgodność między wartościami napięcia (bitowymi), generowanymi przez siebie i odczytanymi z magistrali. Jest to dla niej informacja, że inna stacja chce nadać ramkę danych o wyższym priorytecie, dlatego przerywa nadawanie i przechodzi na odczyt informacji z magistrali. Pozostałe dwie stacje kontynuują nadawanie. Ponieważ siódmy bit nadawany przez stację C ma wartość logiczną 0, ma pierwszeństwo przed bitem (1), nadawanym przez stację B. Tak jak poprzednio, po stwierdzeniu niezgodności między wartością nadawaną a wartością odczytaną z magistrali stacja B przerywa nadawanie. Dalsza część ramki danych jest nadawana wyłącznie przez stację C. Zatem im więcej bitów o wartości logicznej 0 na początku ramki danych (w polu identyfikatora), tym wyższy priorytet informacji. Taka informacja jest przesyłana w pierwszej kolejności. Arbitraż obowiązuje tylko w polu identyfikatora oraz dla bitu odstepu (patrz rys. 8.10).



**Rys. 8.9.** Ustalanie pierwszeństwa podczas wysyłania informacji przez poszczególne stacje (sterowniki) magistrali CAN

Opisany sposób uzyskiwania pierwszeństwa w nadawaniu ramek przez poszczególne sterowniki sprawia, że **magistrala danych CAN jest sterowana zdarzeniami** – informacje przesyłane są według ich ważności. Na przykład informacja o prędkości obrotowej silnika (lub prędkości obrotowej koła samochodu), charakteryzująca się dużą częstością zmian, przesyłana jest przed danymi o temperaturze otoczenia, zmieniającej się stosunkowo powoli.



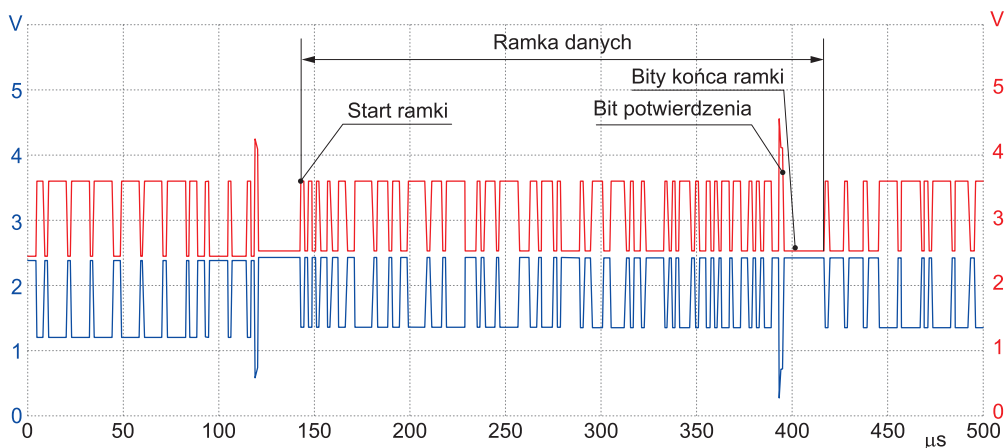
**Rys. 8.10.** Budowa ramki danych standardu CAN 2A (liczba w nawiasie to liczba bitów tworzących dane pole bez uwzględnienia bitów przeciwnego znaku – ang. *bit stuffing*)

Stacje (sterowniki) podłączone do magistrali komunikują się ze sobą za pomocą **protokołu transmisji danych**, który określa kolejność i rodzaj (przeznaczenie) sygnału wejściowego. Na magistrali w określonym momencie znajduje się zawsze tylko jeden komunikat (ramka danych). Budowę ramki danych przedstawiono na rysunku 8.10.

Każde pole ramki danych spełnia określoną funkcję.

- **Pole startu** – zawsze bit dominujący (0) – sygnalizuje początek transmisji i stanowi sygnał do synchronizacji węzłów nadawczo-odbiorczych poszczególnych sterowników.
- **Identyfikator** – służy do określenia rodzaju przesyłanej informacji i jej priorytetu; na podstawie identyfikatora przeprowadzany jest arbitraż, wyznaczający sterownik, który pierwszy nada ramkę danych.
- **Pole odstępu** – określa, czy przesyłana ramka jest ramką zawierającą dane (bit 0), czy ramką żądania transmisji konkretnych danych (bit 1). W przypadku ramki żądania transmisji danych wskazany sterownik powinien przesłać te dane w kolejnej ramce danych, gdy tylko uzyska dostęp do magistrali – dane z innych sterowników nie będą od nich ważniejsze.
- **Pole kontrolne** – zawiera informacje o standardzie ramki danych (2A lub 2B) oraz liczbie bitów danych znajdujących się w polu danych.
- **Pole danych** – zawiera przesyłane informacje i może mieć maksymalnie 64 bity.
- **Suma kontrolna** – wartość bitowa wyznaczona przez sterownik nadający ramkę. Sterownik odbierający informację porównuje odczytaną sumę kontrolną z wartością wyznaczoną przez siebie na podstawie odczytanej wartości bitowej komunikatu. Jeżeli wartości te są takie same, oznacza to, że ramka danych została przesłana i odczytana prawidłowo.
- **Pole potwierdzenia** – służy do potwierdzenia odebrania danych przez dowolny sterownik magistrali.
- **Koniec ramki** – znak zakończenia ramki danych. Razem z trzema bitami przerwy wyznacza czas na dotarcie nadanej ramki danych do odbiorcy najbardziej oddalonego od nadawcy oraz przetworzenie danych przez poszczególne sterowniki.

W nowszych rozwiązaniach magistrali CAN (standard CAN 2B) stosowana jest ramka danych, której identyfikator składa się z 29 bitów rozdzielonych między dwa pola (11-bitowe i 18-bitowe). Pola te są przedzielone dwoma bitami odstępu. Część 18-bitowa identyfikatora jest zakończona bitem odstępu, podobnie jak 11-bitowy identyfikator ramki standardu CAN 2A. Wygląd przykładowej ramki danych magistrali CAN high speed zarejestrowanej oscyloskopem pokazano na rysunku 8.11 (s. 252).



**Rys. 8.11.** Wygląd przykładowej ramki danych magistrali CAN high speed, zarejestrowanej oscyloskopem

kolor niebieski – przewód CAN low, kolor czerwony – przewód CAN high

Charakterystyczne piki napięcia widoczne na końcu ramki danych na obu przewodach magistrali wynikają z potwierdzenia odebrania informacji przez sterownik (nadanie bitu dominującego). Różne wartości napięcia widoczne w tym fragmencie (na końcu) ramki na obu przewodach magistrali wynikają w tym wypadku z nieco innego poziomu napięcia realizacji poszczególnych bitów (tutaj bitu 0) przez poszczególne sterowniki.

Synchronizacja pracy poszczególnych stacji magistrali CAN dokonywana jest okresowo przez zarejestrowanie zmiany poziomu sygnału z 0 na 1 lub odwrotnie. W ramce danych może wystąpić po kolei wiele bitów o tej samej wartości logicznej (0 lub 1), co utrudnia pracę magistrali (brak synchronizacji i błędne odczytywanie ramki danych przez poszczególne stacje). Dlatego w magistrali CAN po każdym pięciu jednakowych bitach (np. 0) stacja nadająca generuje jeden dodatkowy bit (ang. *bit stuffing*) o przeciwnej wartości (np. bit 1), co umożliwi synchronizację pracy poszczególnych stacji (sterowników). *Bit stuffing* nie obowiązuje w polu potwierdzenia i w polu końca ramki danych. Wstawione bity dodatkowe są pomijane przy analizie informacji przez stację odbierającą przesyłane dane.

Magistrala CAN jest zabezpieczona przed wystąpieniem błędów transmisji. Oprócz porównywania informacji dostępnych na obu jej przewodach (stanowią one swego rodzaju lustrzane odbicie), odporności na impulsy zakłócające (przez odczyt różnicy napięcia między dwoma przewodami – patrz rys. 8.9b), stosowanych jest też wiele zabezpieczeń programowych. Takim zabezpieczeniem może być na przykład porównanie wartości sumy kontrolnej nadawanej przez sterownik z wartością odczytaną z magistrali lub pole potwierdzenia odebrania informacji przez dowolny sterownik.

**Szybkość transmisji danych** zależy od rodzaju magistrali CAN. Im większa szybkość przesyłania danych, tym krótszy czas transmisji pojedynczej ramki. Przykładowo, czas nadawania ramki danych w magistrali CAN high speed o szybkości 125 kbit/s wynosi ok. 1000  $\mu$ s (w zależności od długości pola danych i standardu – 2A lub 2B), a czas nadawania pojedynczego bitu wynosi 8  $\mu$ s.

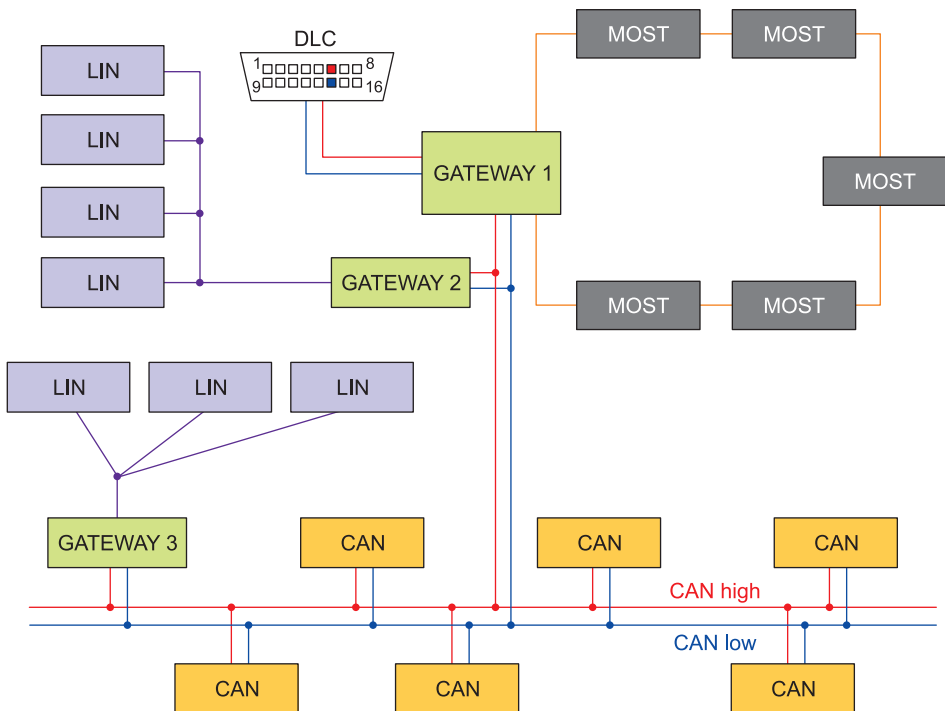
Ze względu na znaczne szybkości przesyłania danych magistrala CAN (odmiana high speed) jest wykorzystywana m.in. do sterowania automatyczną skrzynią biegów i układami ABS/ASR/ESP. Zespoły te realizują podstawowe zadania samochodu i bezpośrednio



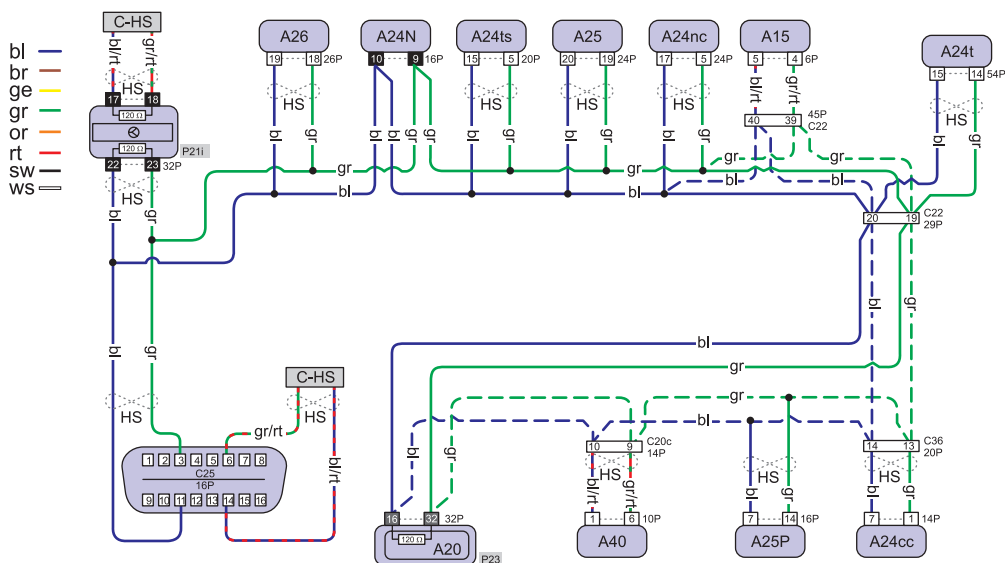
wpływają na bezpieczeństwo jazdy. Ich prawidłowe działanie wymaga niezawodnego i szybkiego przekazywania dużej ilości danych.

Samochodowe magistrale CAN mogą składać się z kilku podsieci (np. napędu, komfortu czy informacji i rozrywki) o różnych szybkościach transferu danych i różnych wartościach napięcia na przewodach. Połączenie tych sieci umożliwiają tzw. **bramy** (ang. *gateway*). Są to specjalne stacje (sterowniki), których podstawowym zadaniem jest przesyłanie danych między podsieciami. Na przykład informacja o prędkości obrotowej silnika, przekazywana podsiecią napędu, może być też przekazywana do innych podsieci (innych sterowników) potrzebujących takich danych, np. do sterownika klimatyzacji czy sterownika zestawu wskaźników deski rozdzielczej. Brama zapewnia również połączenie między różnymi magistralami (CAN, LIN, MOST, Bluetooth itp.). Jeżeli ulegnie uszkodzeniu, obie podsieci magistrali CAN (w topologii linearnej) nadal pracują, ale nie mają możliwości wymiany informacji. Węzły sieci w postaci bram (*gateway*) często są stosowane jako połączenie (i jednocześnie rozdzielenie) różnych sieci CAN (np. napędu i komfortu, aby uszkodzenie mniej istotnej magistrali komfortu nie wpływało na działanie magistrali napędu, znacznie ważniejszej ze względu na bezpieczeństwo ruchu pojazdu). Występują zawsze przy połączeniu sieci CAN różnych szybkości oraz przy połączeniu różnych magistral danych.

Przykładowy schemat połączeń różnego rodzaju magistral danych za pomocą bram przedstawiono na rysunku 8.12.



**Rys. 8.12.** Przykładowy schemat połączeń różnego rodzaju magistral danych za pomocą bram: GATEWAY 1 – moduł (stacja) łącząca magistrale CAN, MOST i gniazdo diagnostyczne, GATEWAY 2 i GATEWAY 3 – moduły (stacje) łączące magistrale CAN i LIN, DLC – gniazdo diagnostyczne standardu OBD II



**Rys. 8.13.** Przykładowy schemat magistrali CAN możliwy do uzyskania w programie do wspomagania diagnostowania i naprawy pojazdów

Bramy *gateway 2* i *gateway 3* pełnią funkcję stacji łączących magistrale CAN i LIN (stacji MASTER, magistrali LIN, równoprawnej stacji magistrali CAN – znajdują się w nich dwa układy nadawczo-odbiorcze), natomiast *gateway 1* – sieci MOST, CAN oraz gniazda diagnostycznego.

Przykładowy schemat magistrali CAN, możliwy do uzyskania w programach warsztatowych do wspomagania diagnostowania, pokazano na rysunku 8.13.

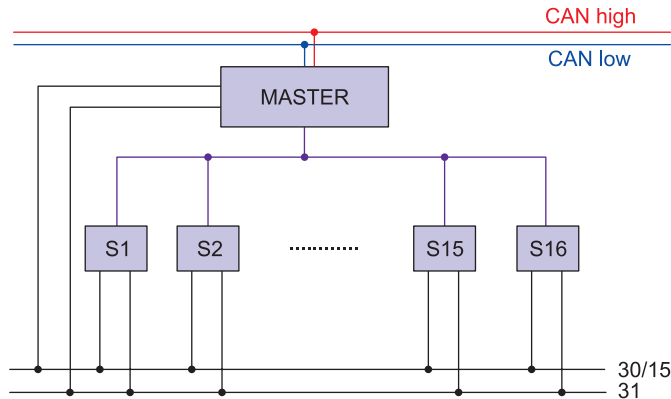
### 8.2.3. Magistrala LIN

Magistrala danych **LIN** (ang. **L**ocal **I**nterconnect **N**etwork) stanowi zazwyczaj uzupełnienie magistrali CAN. Stosowana jest tam, gdzie nie wymaga się dużej szybkości transmisji danych. Powstaje z wydzielenia kilku stacji magistrali CAN i połączenia ich w sieć LIN. Z magistrali CAN eliminowane są stacje, które najczęściej tylko pobierają dane, a rzadko i wyłącznie na specjalne żądanie je wysyłają. Upraszcza to budowę magistrali CAN, zwiększając jej niezawodność i funkcjonalność.

Magistralę danych LIN wykorzystuje się m.in. do sterowania: silnikiem wycieraczek, elektrycznie podnoszonymi/opuszczanymi szybami, lusterkami bocznymi, zamykaniem drzwi, układem klimatyzacji, podgrzewania i ustawiania foteli, komunikacją z panelami przycisków obsługujących różne urządzenia, pracą alternatora itp. Schemat magistrali LIN oraz jej połączenie z magistralą CAN pokazano na rysunku 8.14.

Magistrala LIN jest jedнопrowadowa (miedziany przewód o przekroju  $0,35 \text{ mm}^2$ , nieekranowany, często koloru fioletowego z dodatkowym paskiem identyfikującym innego koloru) i ma zazwyczaj topologię drzewiastą (gwiazdzisto-linearną). Podłączone do niej stacje zasilane są z instalacji pokładowej samochodu.

Ponieważ magistrala LIN ma jeden przewód, nie jest odporna na zakłócenia elektromagnetyczne jak magistrala CAN. Jednak dzięki dużej tolerancji wartości napięć w przewodzie, odpowiadających poszczególnym bitom (0 i 1), wpływ zakłóceń zewnętrznych może być w pewnym zakresie ograniczany.



**Rys. 8.14.** Schemat ideowy magistrali LIN oraz jej połączenia z magistralą CAN  
 MASTER – stacja nadrzędna magistrali LIN, S1–S16 – stacje podrzędne (SLAVE) magistrali LIN

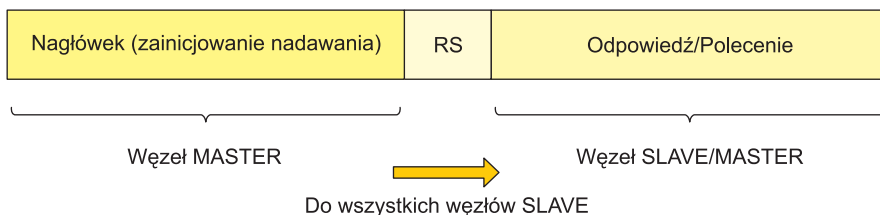
W każdej magistrali LIN znajduje się **stacja nadrzędna** (ang. *master*), pełniąca funkcję sterownika organizującego wymianę danych między stacjami magistrali. Funkcję **stacji podrzędnych** (ang. *slave*) pełnią czujniki i elementy wykonawcze, wyposażone w odpowiednie układy nadawczo-odbiorcze. Stacji SLAVE może być maksymalnie szesnaście (16). Jeżeli na przykład elementy układu klimatyzacji są połączone (sterowane) magistralą LIN, to sterownik tego układu zintegrowany z panelem sterującym pełni funkcję stacji MASTER, a jego poszczególne czujniki i elementy wykonawcze (dmuchawa, czujnik jakości powietrza, ogrzewanie przedniej szyby itd.) są stacjami SLAVE.

Stacja MASTER w magistrali LIN pełni następujące funkcje:

- zapewnia konfigurację magistrali danych;
- przetwarza dane otrzymywane ze stacji podrzędnych (SLAVE);
- przekazuje dane ze stacji podrzędnych do magistrali CAN, jeżeli stanowi bramę (moduł *gateway*) między magistralami LIN i CAN;
- ustala szybkość transmisji danych;
- ustala kolejność oraz przydział czasu dla poszczególnych stacji podrzędnych – nadzoruje przesyłane przez nie dane;
- diagnozuje sieć.

Maksymalną szybkość przesyłania danych w magistrali LIN określa węzeł nadrzędny (MASTER) – nie przekracza ona 20 kbit/s.

Ogólna **zasada działania magistrali LIN** jest przedstawiona na rys. 8.15. Stacja MASTER inicjuje nadawanie, wysyłając do wszystkich stacji SLAVE **nagłówek** (ang. *Header*). Po krótkiej przerwie (**pole RS** – ang. *Response Space*), w zależności od żądania stacji MASTER

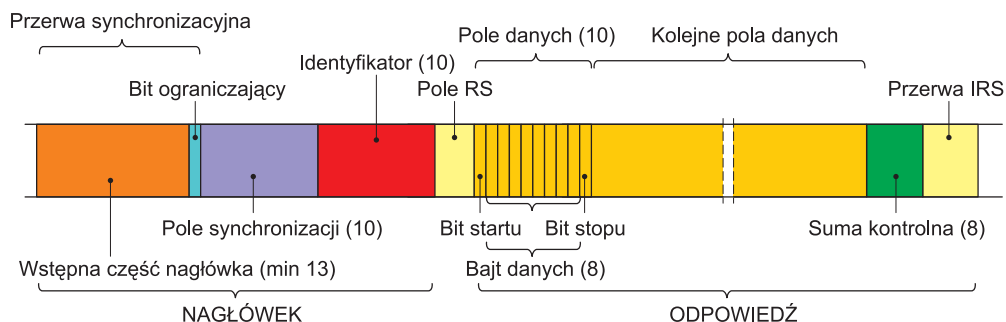


**Rys. 8.15.** Ogólny schemat przekazywania danych w magistrali LIN

(określonego w nagłówku), następuje albo przesłanie danych przez sterownik SLAVE (**odpowiedź**), albo przesłanie **polecenia** do wykonania przez sterownik MASTER.

W magistrali CAN kolejność nadawania przez poszczególne stacje wynika z priorytetu przekazywanej informacji (procedury arbitrażu), natomiast w magistrali LIN mamy do czynienia z czasowym systemem nadawania informacji. Węzeł MASTER magistrali LIN rezerwuje liczbę przedziałów czasowych koniecznych do wysłania nagłówka i odebrania (lub nadania) odpowiedzi. Liczba przedziałów czasowych odpowiada maksymalnej liczbie stacji SLAVE, które można podłączyć (ich liczba wynika z oprogramowania), ale przedziały czasu przewidziane do komunikacji z niepodłączonymi do danej sieci urządzeniami nie są wykorzystywane. Magistrala znajduje się wtedy w stanie recesywnym, a wartość napięcia na przewodzie magistrali odpowiada wartości logicznej bitu recesywnego (1).

Przesyłanie danych magistralą LIN również odbywa się za pomocą ramki danych (rys. 8.16). Rozpoczęcie nadawania inicjuje stacja MASTER. Wysyła **nagłówek** wiadomości, który dla innych stacji (SLAVE) stanowi sygnał rozpoczęcia nadawania, służy do synchronizacji pracy wszystkich węzłów i ustalenia prędkości transmisji. Prędkość ta może wynosić 2,4; 9,6 lub 19,2 kbit/s. Końcowa część nagłówka zawiera 8-bitowy **identyfikator**, poprzedzony bitem startu (wartość logiczna 0) i zakończony bitem stopu (1).



**Rys. 8.16.** Elementy składowe ramki danych magistrali LIN (w nawiasach podano liczbę bitów przypadającą na poszczególne pola)

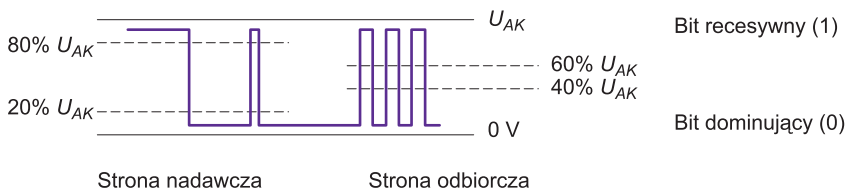
Na początku ramki danych (tj. nagłówka) jest **pauza synchronizacyjna**, składająca się z minimum 13-bitowej sekwencji bitów dominujących i przynajmniej jednego bitu ogranicznika (recesywnego – patrz rys. 8.16). Pauza synchronizacyjna jest sygnałem rozpoczęcia nadawania przez stację MASTER. Następnie, po jednym bicie recesywnym (bit ograniczający – patrz rys. 8.16), występuje ciąg zmiany stanów (dominujący-recesywny), tworzący **pole synchronizacji**. Ta część ramki danych (nagłówka) służy do synchronizacji pracy poszczególnych stacji oraz ustalania szybkości transmisji. Za polem synchronizacji jest **identyfikator**. Stanowi on swego rodzaju adres stacji SLAVE, do której jest kierowana transmisja. Dzięki identyfikatorowi każda stacja SLAVE wie, czy przesyłana informacja jest przeznaczona dla niej i czego dotyczy – przekazania przez stację danych czy polecenia wykonania określonego działania. Identyfikator zawiera również dwa bity służące do kontroli poprawności przesyłania informacji (są to tzw. bity parzystości).

Po przerwie (**pole RS**) następuje nadawanie **odpowiedzi** węzła SLAVE (**pole danych**) – są to dane lub polecenia, które stacja SLAVE ma wykonać (określające oczekiwany stan pracy elementu SLAVE). Odpowiedź zawiera 2, 4 lub 8 bajtów z 10-bitowymi danymi (1 bajt = 8 bitów), które obejmują: bit startu (0), 8 bitów zawierających treść przesyłanej informacji

(danych) oraz bit stopu (1). Po polach danych następuje **suma kontrolna** oraz **pauza IRS** (ang. *Interframe Response Space*) między ramkami.

Tak jak w przykładzie magistrali LIN układu klimatyzacji – odpowiedź (rys. 8.16) przesyłana w polu danych na zapytanie stacji MASTER, np. przez dmuchawę układu (stacja SLAVE), będzie zawierała informację o aktualnej prędkości obrotowej silnika dmuchawy. Stacja MASTER może wtedy wysłać kolejną ramkę danych, gdzie w drugiej części (**kolejne pola danych**) poda żadaną prędkość silnika dmuchawy (patrz rys. 8.16 – odpowiedź). Po otrzymaniu polecenia stacja SLAVE zmieni prędkość silnika dmuchawy na określoną przez stację MASTER.

Informacje przesyłane magistralą LIN w ramach danych mają również postać binarną. Wartość przesyłanego bitu (0 lub 1) określa odpowiednia wartość napięcia na przewodzie magistrali (rys. 8.17). Napięcie to jest mierzone względem masy pojazdu. Jego wartości, odpowiadające poszczególnym stanom logicznym w magistrali LIN, zawierają się w zakresie napięcia zasilania –  $U_{AK}$  (akumulatora).



**Rys. 8.17.** Poziomy napięć bitu recesywnego (1) i dominującego (0) na magistrali LIN po stronie nadawczej i po stronie odbiorczej

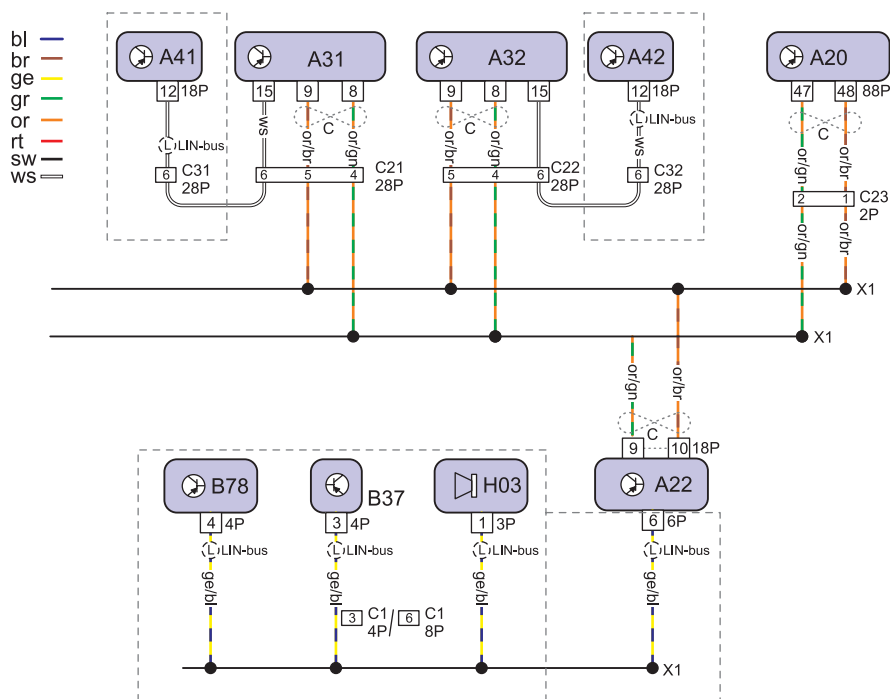
Jeżeli stacja w chwili nadawania ramki danych wysłała bit recesywny, ustala wartość napięcia na przewodzie magistrali na poziomie minimum 80%  $U_{AK}$  (napięcia zasilania), natomiast gdy wysłała bit dominujący, ustala wartość napięcia na poziomie nie większym niż 20%  $U_{AK}$ .

Bit recesywny zostanie we właściwy sposób odczytany przez inną stację, jeżeli wartość napięcia zarejestrowanego na przewodzie magistrali będzie większa niż 60%  $U_{AK}$ . Bit dominujący zostanie prawidłowo odczytany przez stację odbierającą, jeśli wartość tego napięcia nie przekroczy 40%  $U_{AK}$ .

Takie rozwiązanie zapewnia dużą tolerancję napięciową nadawania i odbierania sygnałów oraz właściwe rozpoznawanie poszczególnych stanów logicznych (bitów dominujących i recesywnych). W pewnym zakresie ogranicza też wpływ zakłóceń elektromagnetycznych na poprawność odczytu informacji. W praktyce oznacza to, że jeśli zakłócenie zewnętrzne spowoduje zmianę wartości napięcia na przewodzie magistrali, ale mieści się ona w granicach wymaganego (dla danego bitu) zakresu, zostanie prawidłowo zinterpretowana przez stację odczytującą.

Magistrala LIN nie ma takich zabezpieczeń chroniących przed błędami transmisji jak magistrala CAN i nie ma dokładnie zdefiniowanych sposobów wykrywania błędów transmisji oraz usterek. Do oceny prawidłowości jej pracy służą:

- porównanie wartości bitowej ramki nadawanej z wartością odczytaną z magistrali (tak samo jak w przypadku magistrali CAN);
- sprawdzenie sumy kontrolnej wysyłanej na końcu pola odpowiedzi, na podstawie której stacja MASTER może sprawdzić, czy przesłane dane nie zawierają błędów;



**Rys. 8.18.** Przykładowy fragment schematu magistrali CAN (dostępny w programach do wspomaganego diagnozowania i naprawy samochodów) z zaznaczonymi połączeniami z wybranymi stacjami przez magistralę LIN

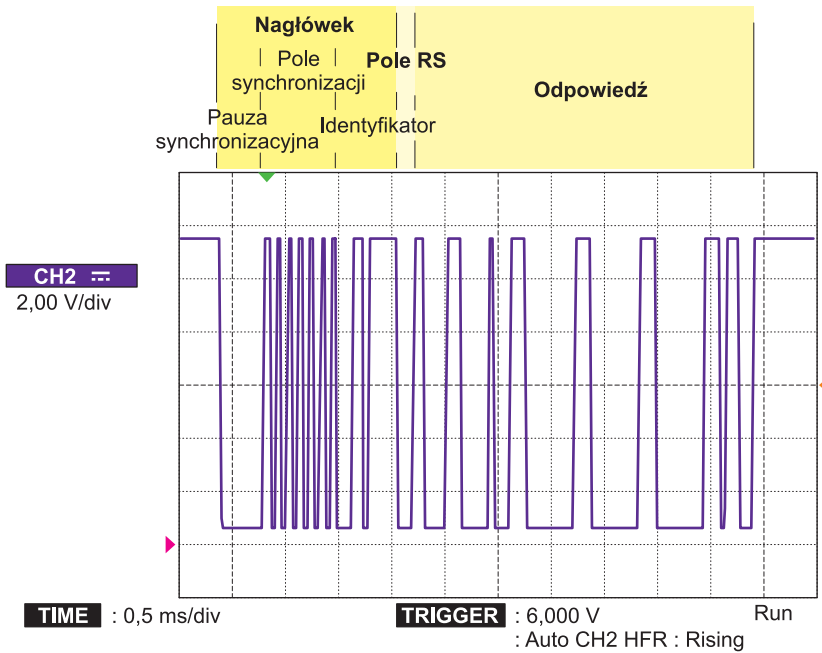
A20 – sterownik układu klimatyzacji, A22 – sterownik układu komfortu (MASTER magistrali LIN; B37 – czujnik kontroli wnętrza, B78 – czujnik kąta pochylecia, H3 – syrena alarmowa), A31 – sterownik drzwi po stronie kierowcy (MASTER magistrali LIN, A41 – sterownik drzwi z tyłu po lewej stronie samochodu – SLAVE), A32 – sterownik drzwi z przodu po stronie pasażera (MASTER magistrali LIN, A42 – sterownik drzwi z tyłu po prawej stronie samochodu – SLAVE)

- ramki diagnostyczne, wysyłane okresowo przez stację MASTER w celu sprawdzenia łączności z poszczególnymi stacjami SLAVE; dwukrotny brak odpowiedzi na wysłanie ramki diagnostycznej stacja MASTER interpretuje jako niesprawność stacji SLAVE (nie wiadomo jednak, jaka jest przyczyna tej niesprawności – uszkodzenie przewodu czy samej stacji).

Przykładowy schemat podłączenia stacji magistrali LIN pokazano na rys. 8.18, a przykład ramki danych magistrali LIN z zaznaczonymi głównymi elementami składowymi pokazano na rysunku 8.19.

## 8.2.4. Magistrala MOST

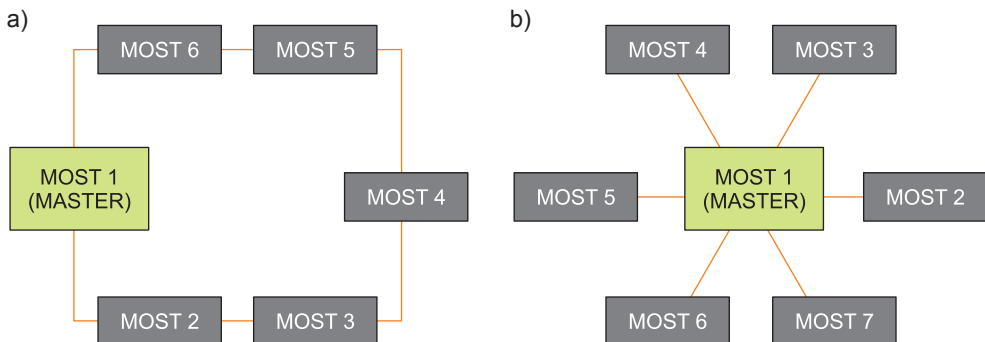
Magistrala MOST (ang. **M**edia **O**riented **S**ystems **T**ransport) przeznaczona jest do przesyłania dużej ilości danych audio/wideo oraz tekstowych. Wykorzystanie w tym celu magistrali CAN lub LIN okazuje się niemożliwe z uwagi na ich zbyt małą szybkość oraz niedostateczną odporność na zakłócenia elektromagnetyczne. Magistralę MOST stosuje się również w systemach wspomaganego jazdy, np. do przesyłania danych z kamer obserwacji otoczenia. Do przesyłania danych w magistrali MOST nie służą przewody miedziane jak w magistra-



Rys. 8.19. Przykład ramki danych magistrali LIN

li CAN (dwa) lub LIN (jeden) – wykorzystuje się w niej światłowód, czyli przewód umożliwiający przesyłanie sygnału świetlnego (optycznego).

Magistrala MOST za pomocą światłowodu umożliwia podłączenie maksymalnie do 64 stacji (urządzeń multimedialnych) w topologii pierścienia (najczęściej – rys. 8.20a), gwiazdy (rys. 8.20b) lub linearnej. **Topologia pierścienia** polega na tym, że poszczególne stacje magistrali łączą się jedna z drugą po kolei. Dane przesyłane są ze stacji MOST 1 do stacji MOST 2 światłowodem łączącym stacje MOST 1 z MOST 2, a następnie ze stacji MOST 2 do stacji MOST 3 (kolejnej) światłowodem łączącym stacje MOST 2 z MOST 3. Następnie trafiają do kolejnych stacji, by w efekcie powrócić do stacji nadawczej MOST 1. Taki sposób przekazywania danych wymusza zastosowanie w każdej stacji dwóch oddzielnych układów – nadajnika i odbiornika. Wyjaśnimy to na przykładzie stacji MOST 2 z powyższego opisu. Stacja ta ma układ odbiorczy (fotodetektor) do odbierania informacji przesyłanych

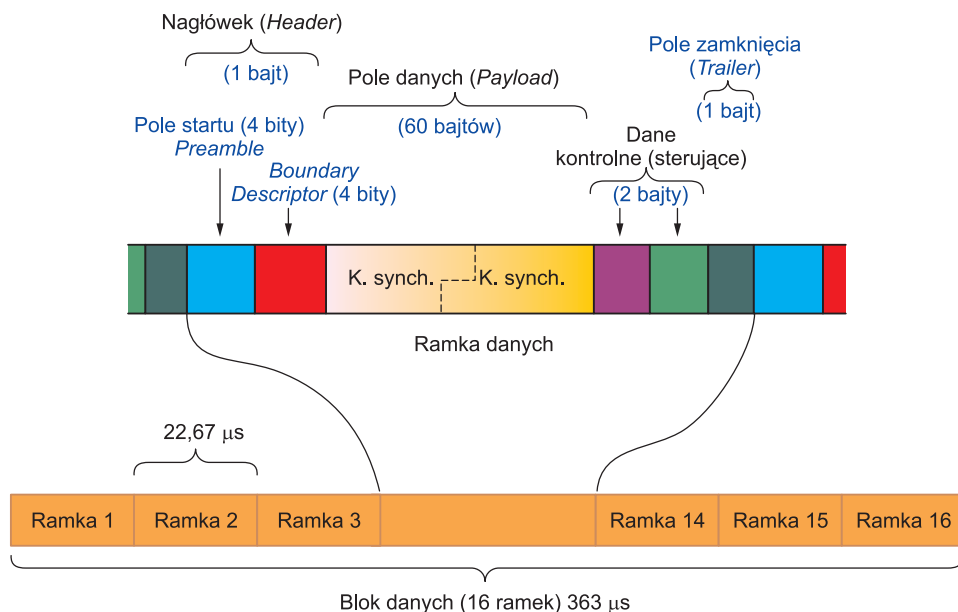


Rys. 8.20. Rodzaje topologii magistrali MOST: a) pierścień, b) gwiazda

światłowodem ze stacji MOST 1 oraz oddzielny układ nadawczy (diody nadawcza) do przesyłania informacji ze stacji MOST 2 do stacji MOST 3 (światłowodem łączącym te stacje).

W magistrali MOST jedna stacja pełni funkcję stacji nadrzędnej MASTER, która steruje pracą pozostałych modułów podłączonych do sieci. Tym sterownikiem może być stacja *gateway*, ale częściej jest to jedna ze stacji podłączonych tylko do magistrali danych MOST. Sterownik MASTER magistrali MOST ma zegar kwarcowy synchronizujący pracę pozostałych stacji.

Dane w magistrali MOST przesyłane są w ramach danych o długości 64 bajtów (standard MOST-25). Szesnaście ramek danych tworzy blok. Dane sterujące pracą magistrali (adres nadawcy, adres odbiorcy itp.), tworzące pole sterujące o długości 32 bajtów, przesyłane są po dwa bajty w kolejnych 16 ramach danych, składających się na jeden blok danych (rys. 8.21). W praktyce przesłanie paczki danych wymaga wysłania bloku składającego się z 16 ramek, z których każda ma tę samą liczbę bajtów (64). W każdej ramce danych, liczącej 64 bajty, tylko 60 z nich jest przeznaczonych na przesyłane dane, a 4 bajty służą do: transmisji danych sterujących (2 bajty), dodatkowych informacji o podziale danych na synchroniczne i asynchroniczne (pole *Boundary Descriptor* – 4 bity nagłówek – pole *Header*) oraz innych potrzebnych danych dotyczących parametrów transmisji.



Rys. 8.21. Blok i pojedyncza ramka danych magistrali MOST

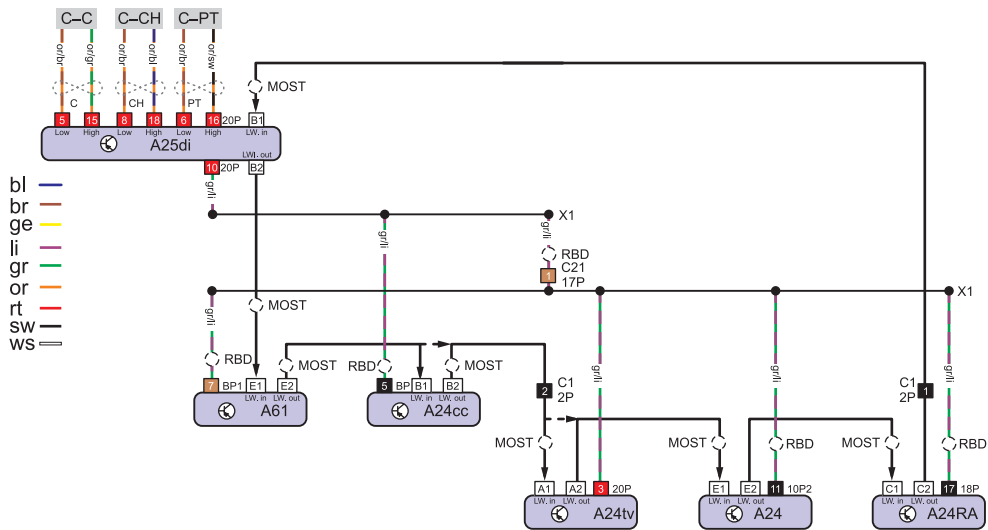
W nielicznych samochodach stosuje się magistrale optyczne standardu MOST-50, które cechują się dwukrotnie większą szybkością przesyłania danych. Ramka danych w tych systemach składa się ze 128 bajtów, z tego 117 przeznaczonych jest na dane, a 11 służy do transmisji danych sterujących i kontrolnych.

Jeżeli stacja MASTER wysyła jeden blok danych, każda stacja SLAVE podłączona do magistrali MOST ma przydzielone obszary, w których może zapisać swoje dane (tzw. kanał synchroniczny ramki danych). Jeżeli ilość przydzielonego miejsca dla jakiejś stacji SLAVE



jest niewystarczająca, muszą być one podzielone na części (kanał asynchroniczny ramki danych). Komunikat wysłany przez stację MASTER przesyłany jest kolejno do poszczególnych stacji magistrali, by w efekcie powrócić do stacji nadającej. Stacje SLAVE odbierają dane przesyłane w ramach, łączą je w całość i przetwarzają.

Przykładowy schemat magistrali MOST, możliwy do uzyskania w programie do wspomagania diagnozowania i naprawy pojazdów, pokazano na rys. 8.22. W zaprezentowanej tam magistrali MOST funkcję węzła MASTER pełni moduł *gateway* sieci danych pojazdu. Światłowody łączące poszczególne stacje magistrali oznaczono kolorem czarnym, z zaznaczonym czarną strzałką (grotem) kierunkiem przesłania informacji (od stacji A25di do stacji A61, ze stacji A61 do stacji A24cc, A24tv lub A24, w zależności od konfiguracji magistrali itd.). Widoczne na schemacie przewody koloru zielonego służą do celów diagnostycznych – nawiązywania komunikacji z poszczególnymi stacjami magistrali MOST przez tester diagnostyczny, podłączony do gniazda diagnostycznego pojazdu. Tworzą one układ połączeń elektrycznych w topologii gwiazdy.



**Rys. 8.22.** Schemat magistrali MOST (topologia pierścienia)

A25di – sterownik *gateway*, A61 – sterownik Infotainment, A24cc – zmiennik CD, A24tv – sterownik TV, A24 – radiodbiornik, A24RA – wzmacniacz radio, C-C – magistrala CAN Komfort, C-CH – magistrala CAN podwozie, C-PT – magistrala CAN układ napędowy

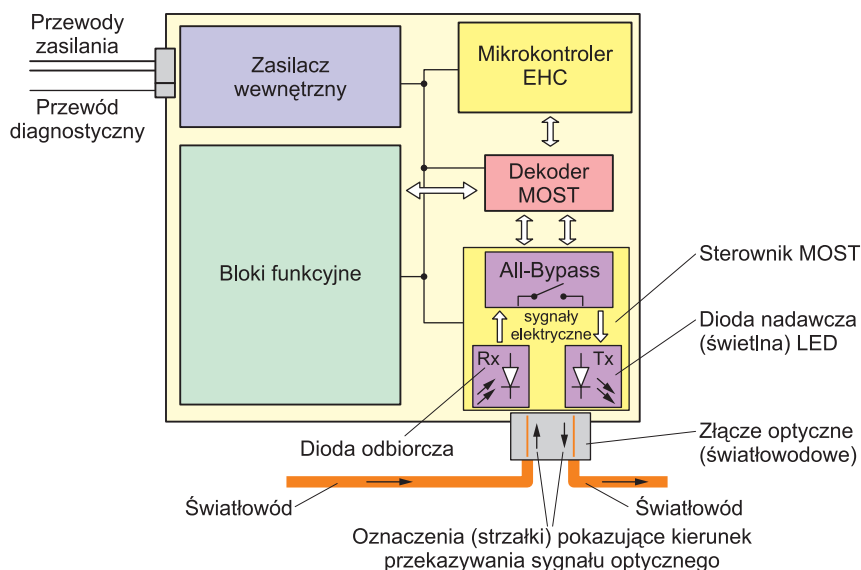
Szybkość transmisji danych zależy od układu zastosowanego w danym samochodzie oraz rodzaju odbiornika. Przykładowe wartości szybkości transmisji danych – stosowane w systemie Infotainment dla magistrali MOST25, podano w tabeli 8.3 (s. 262).

Ogólny schemat budowy stacji MOST pokazano na rys. 8.23 (s. 262). Podstawowymi elementami magistrali MOST są:

- odbiornik sygnału (interfejs warstwy fizycznej), który zamienia odebrany sygnał świetlny na sygnał elektryczny;
- nadajnik sygnału, zamieniający sygnał elektryczny na sygnał świetlny;
- sterownik MOST, łączący interfejs warstwy fizycznej z mikrokontrolerem EHC;

Tabela 8.3. Wartości szybkości transmisji danych dla wybranych systemów multimedialnych

Rodzaj systemu multimedialnego	Szybkość transmisji danych
system nawigacji	≈ 2,20 Mbit/s
telefon GSM	≈ 0,45 Mbit/s
WIDEO (MPEG)	≈ 4,50 Mbit/s
WIDEO ograniczone (MPEG)	≈ 1,54 Mbit/s
wyjście audio 1 (stereo), np. słuchawki	≈ 1,54 Mbit/s
sygnał TV z dźwiękiem	≈ 6,00 Mbit/s

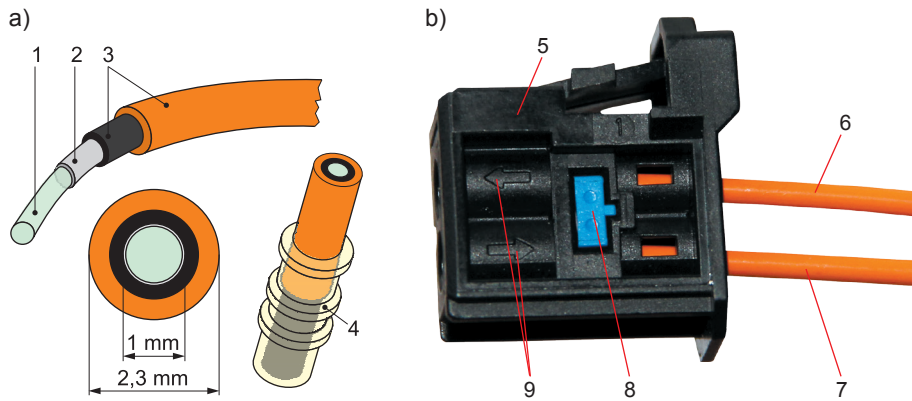


Rys. 8.23. Schemat budowy urządzenia magistrali MOST

- mikrokontroler EHC, sterujący pracą urządzenia multimedialnego;
- bloki elementów funkcyjnych;
- wewnętrzny zasilacz.

Istotnym elementem stacji jest gniazdo do podłączania światłowodu, o specjalnej konstrukcji wykluczającej niewłaściwe podłączenie złącza optycznego magistrali (rys. 8.24b), a samo złącze ma oznaczenia (strzałki) informujące o przeznaczeniu światłowodów (odbiorczy lub nadawczy), przyłączonych do danej stacji.

Informacje między stacjami magistrali MOST przesyłane są światłowodem. Budowę światłowodu pokazano na rysunku 8.24. Światłowód jest zbudowany z włókien polimerowych POF (ang. *Plastic Optical Fiber*; rys. 8.24a) i za pomocą odpowiedniego złącza (rys. 8.24b) podłączony do stacji magistrali MOST.



**Rys. 8.24.** Budowa elementów magistrali optycznej: a) przewodu światłowodowego, b) złącza magistrali MOST

1 – polimetakrylan metylu, 2 – polimer fluorowy, 3 – warstwy ochronne, 4 – tulejka ochronna, 5 – obudowa złącza, 6 – światłowód wejściowy, 7 – światłowód wyjściowy, 8 – blokada światłowodów w złączu (obudowie), 9 – strzałki wskazujące kierunek przekazywania sygnału optycznego

Przewód (światłowód) magistrali optycznej ma budowę warstwową. Rdzeń przewodu składa się z dwóch warstw. Warstwa wewnętrzna (1) wykonana jest z polimetakrylanu metylu. Część zewnętrzną rdzenia stanowi cienka warstwa z polimeru fluorowego (2), zapewniająca całkowite odbicie światła (bez strat) w rdzeniu. Rdzeń światłowodu osłonięty jest dwoma warstwami ochronnymi (3), stanowiącymi zabezpieczenie przed promieniowaniem świetlnym (warstwa czarna) oraz ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi i oddziaływaniem temperatury (warstwa pomarańczowa). Światłowody są przewodami elastycznymi, których nie można rozgałęziać. W razie konieczności dwie kolejne stacje (sterowniki) magistrali można połączyć, zakrzywiając światłowód – minimalny dozwolony promień zagięcia wynosi 25 mm, co gwarantuje, że przewód nie zostanie uszkodzony, i zapewnia efekt całkowitego wewnętrznego odbicia. Światłowody, ze względu na swoją budowę, są odporne na zakłócenia elektromagnetyczne. Same również nie stanowią źródła tych zakłóceń. Na końcach światłowodu umieszczone są tulejki (4), które pozycjonują światłowód w złączu optycznym.

Złącze optyczne stanowi element, w którym znajdują się dwa światłowody – wejściowy (6 na rys. 8.24b) oraz wyjściowy (7), i łączy je z układem transcewera sterownika. Złącze jest tak zbudowane, aby jednoznacznie pozycjonować światłowody oraz za pomocą blokady (8) i tulejki (4 na rys. 8.24a) światłowodu zabezpieczać (blokować) możliwość wysunięcia się światłowodów. Na złączu umieszczone są strzałki (9), które informują o położeniu światłowodu (wejściowego i wyjściowego) w złączu optycznym. Strzałki określają kierunek przekazywania informacji światłowodem. Jedna z nich skierowana jest do sterownika (światłowód wejściowy), a druga – ze sterownika (światłowód wyjściowy).

Transceiver (układ nadawczo-odbiorczy) odpowiada za wymianę informacji między sterownikami. Zbudowany jest z fotodiody (diody odbiorczej) oraz diody świetlnej LED (nadawczej). Fotodioda odbiera sygnały świetlne transmitowane światłowodem i zamienia je na sygnał napięciowy, natomiast dioda świetlna przekształca sygnał napięciowy w sygnał świetlny i wysyła go za pośrednictwem światłowodu do następnego urządzenia (stacji magistrali optycznej). Długość fali świetlnej emitowanej przez diodę LED wynosi 650 nm (światło podczerwone). Podobnie jak w magistralach danych CAN i LIN informacje przekazywane są w postaci ramek, złożonych z bitów 0 i 1. W uproszczeniu można powiedzieć, że

są one rozróżniane przez brak lub występowanie strumienia świetlnego. Układ transcyvera (dioda LED i fotodiody) i sterownik MOST często tworzą jeden element.

Sterownik stacji MOST jest elementem łączącym nadajnik-odbiornik z mikrokontrolerem. Odbiera informacje od transcyvera, wstępnie je przetwarza i przekazuje do mikrokontrolera, który analizuje otrzymane dane i wypracowuje na ich podstawie decyzję. Ponadto sterownik przekazuje do nadajnika (diody świetlnej nadajnika) odpowiednio przygotowaną informację. Sterownik stacji MOST ma specjalny obwód (tzw. *All-Bypass*), który w przypadku nieprawidłowego działania stacji MOST (jej urządzenia wykonawczego – multimedialnego) powoduje bezpośrednie przekazywanie sygnału ze światłowodu wejściowego do światłowodu wyjściowego. W ten sposób zapewnione jest działanie magistrali (przekazywanie informacji) w razie uszkodzenia urządzenia stacji MOST.

Mikrokontroler stacji MOST zarządza pracą całej stacji MOST, w tym funkcjami jej urządzenia multimedialnego.

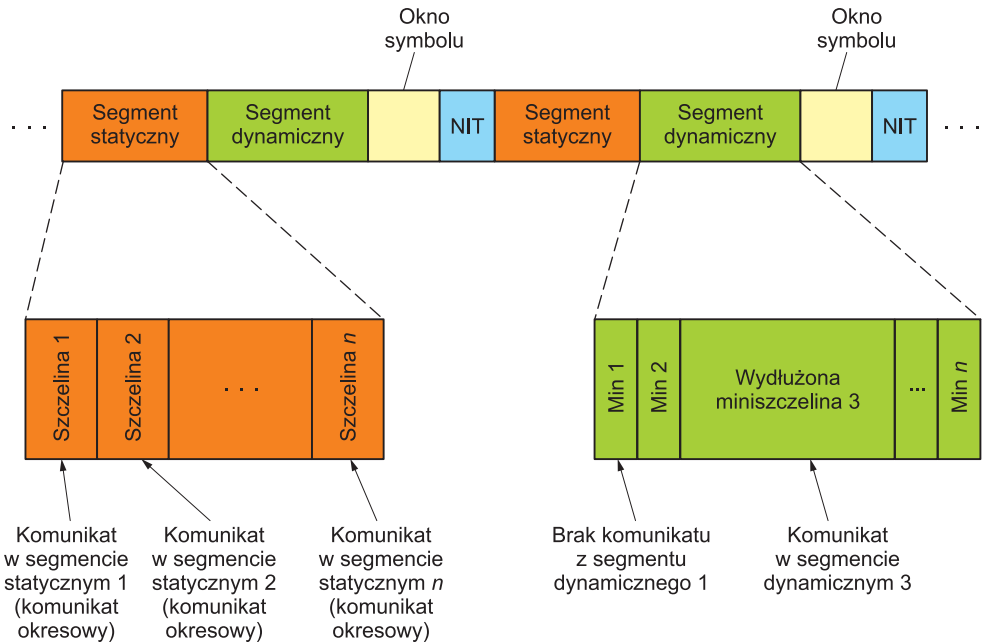
Blok elementów funkcyjnych odpowiada za pracę (sterowanie) określonego urządzenia multimedialnego, zintegrowanego w stacji MOST – realizuje odpowiednie funkcje. Dla radia cyfrowego może to być przełączenie na inną stację radiową lub zmiana natężenia emitowanego dźwięku. Każda funkcja stanowi zbiór odpowiednich operacji. Zarówno blok funkcyjny, jak i każda funkcja ma przyporządkowany unikatowy identyfikator, umożliwiający wywołanie określonego działania (realizację tej funkcji) przez inną stację magistrali MOST.

Każda stacja magistrali MOST jest zasilana z instalacji pokładowej samochodu. Dodatkowo stacje są wyposażone w wewnętrzny układ zasilający, doprowadzający napięcie o wymaganym poziomie do pozostałych elementów elektronicznych stacji. Stacje magistrali optycznej są połączone pojedynczym przewodem (miedzianym) ze stacją *gateway* (gr/li na rys. 8.22), dzięki czemu możliwe jest nawiązanie komunikacji z poszczególnymi stacjami magistrali optycznej przez tester diagnostyczny podłączony do gniazda diagnostycznego oraz autodiagnostyka magistrali. Tym przewodem przekazywana jest do sterownika *gateway* informacja o odebraniu przez daną stację informacji przesłanej ze stacji poprzedzającej oraz o przekazaniu tej informacji do stacji następnej, zgodnie z kierunkiem jej przesyłania.

### 8.2.5. Magistrala FlexRay

Najnowszą, najszybszą i najmniej zawodną magistralą danych jest magistrala FlexRay. Jest ona przeznaczona do samochodów z dużą ilością urządzeń pracujących w systemie *sterring-by-wire*, czyli urządzeń sterowanych elektrycznie. Wykorzystuje się ją np. do sterowania elektromechanicznymi układami hamulcowymi (EBS – ang. **E**lectromechanical **B**reaking **S**ystem), w których nie ma płynu hamulcowego, pośredniczącego w przekazywaniu siły z pedału hamulca na elementy wykonawcze umieszczone przy poszczególnych kołach samochodu. Elementy wykonawcze układu umieszczone przy kołach to elementy elektryczne, a sygnały sterujące doprowadzone są do nich magistralą FlexRay. Innymi układami, w których stosowana jest magistrala FlexRay, są układy aktywnego zawieszenia (tłumienia amortyzatorów), układy przetwarzania obrazu, układy utrzymania bezpiecznej odległości od pojazdów poprzedzających, a nawet niektóre układy ABS czy ESP.

Przesyłanie danych magistralą FlexRay realizowane jest przez dwie pary przewodów miedzianych typu skrętka (podobnie jak w magistrali CAN, w której występuje tylko jedna para przewodów). Każdym kanałem można przesłać dane z szybkością 10 Mbit/s, przy czym zdublowanie kanałów transmisji służy zwiększeniu niezawodności działania magistrali w razie uszkodzenia przewodu/przewodów jednego z kanałów.



Rys. 8.25. Cykl komunikacyjny magistrali FlexRay

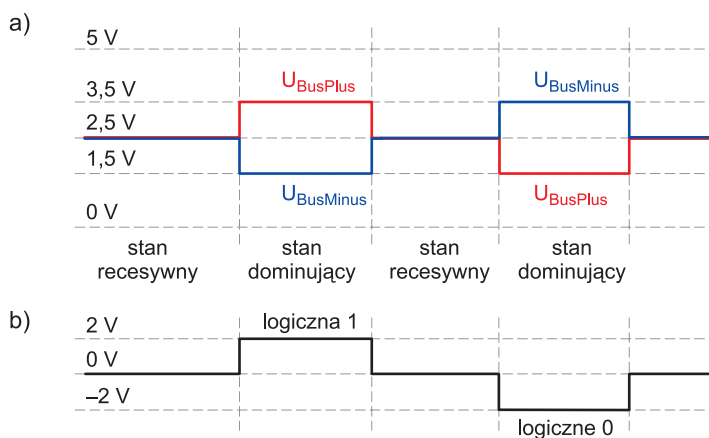
Przesyłanie danych w magistrali FlexRay odbywa się w ramach tzw. cyklu komunikacyjnego (rys. 8.25). Rozpoczyna się on od segmentu statycznego, w którym poszczególne stacje magistrali nadają komunikaty według ustalonej kolejności. Oznacza to, że nie ma potrzeby przeprowadzania arbitrażu, komunikaty pojawiają się okresowo (cyklicznie) w ramach przydzielonej szczeliny czasu (okresu). Kanałem statycznym przesyłane są najważniejsze informacje, np. sygnały sterujące elementami wykonawczymi. Następną, po segmencie statycznym, częścią cyklu komunikacyjnego jest segment dynamiczny. W jego ramach przesyłane są dane po wystąpieniu określonego zdarzenia. Kolejność nadawania tych komunikatów przez poszczególne stacje magistrali również jest określona (ustalona), a komunikat jest nadawany przez daną stację tylko w razie potrzeby jego wysłania (po wystąpieniu określonego zdarzenia). Powoduje to, że segment dynamiczny ma zmienną długość (czas trwania). W celu synchronizacji pracy poszczególnych stacji magistrali FlexRay czwarta część cyklu komunikacyjnego przeznaczona jest na potrzeby synchronizacji pracy (zegarów) wszystkich stacji. Jest to nieaktywna faza sieci NIT (ang. **N**etwork **I**dle **T**ime). Kolejny cykl komunikacyjny rozpoczyna się bezpośrednio po zakończeniu poprzedniego. Komunikaty nadawane w segmentach statycznym i dynamicznym cyklu komunikacyjnego mają taką samą strukturę, składającą się z nagłówka (*header* – zawierający identyfikator komunikatu, informację o długości pola danych oraz sumę kontrolną nagłówka), pola danych (*payload*, maksymalnie 254 bajty – 2032 bity) i sekwencji końcowej (*trailer* – suma kontrolna o długości 24 bitów do weryfikacji poprawności przesyłanych danych).

Każda stacja magistrali FlexRay ma dwa sterowniki, o budowie podobnej do sterownika magistrali CAN. Dodatkowo w każdej stacji występują dwa charakterystyczne elementy magistrali FlexRay – tzw. strażnik magistrali (ang. *Bus Guardian*). Ich zadaniem jest

nadzorowanie pracy sterowników, czyli elementów odpowiedzialnych za przetwarzanie danych otrzymanych z kontrolera komunikacyjnego na sygnały elektryczne (napięciowe), ustalone na przewodach magistrali, oraz zamiana sygnału napięciowego odczytanego z poszczególnych przewodów magistrali na sygnał logiczny przesyłany do kontrolera. Kontroler porównuje również stany logiczne sygnałów z poszczególnych kanałów, co umożliwia wykrywanie błędów transmisji.

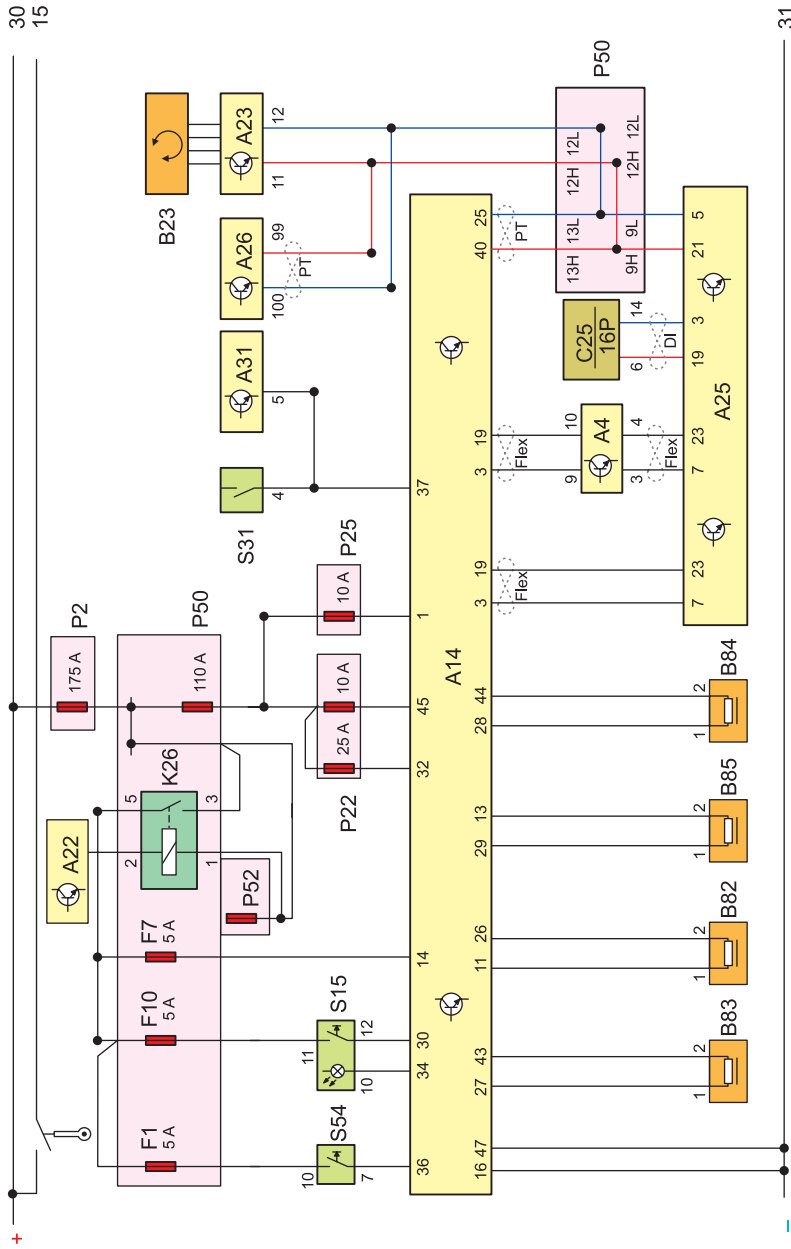
W magistrali FlexRay sygnały transmitowane są jednocześnie w dwóch niezależnych kanałach transmisji, przewodami oznaczonymi w każdym kanale BusPlus i BusMinus. W każdym z przewodów wartość napięcia może wynosić 0 V, 1,5 V, 2,5 V lub 3,5 V i jest oznaczona  $U_{\text{BusPlus}}$  i  $U_{\text{BusMinus}}$ . Wartość logiczną przesyłanego sygnału ustala się jako różnicę napięć między przewodami BusPlus i BusMinus. Jeżeli na obu przewodach występuje napięcie ok. 0 V lub ok. 2,5 V (między 1,8 a 3,2 V), to na magistrali zostaje ustalony stan recesywny, któremu nie jest przyporządkowana żadna wartość logiczna (bitowa). Różnica  $U_{\text{BusPlus}} - U_{\text{BusMinus}}$  wynosi wtedy 0 V. Gdy różnica napięć między przewodami ( $U_{\text{BusPlus}} - U_{\text{BusMinus}}$ ) wynosi ok. 2 V, oznacza to logiczną 1. Jeżeli różnica napięć wynosi ok. -2 V, oznacza to logiczne 0.

Ponieważ dane przesyłane są zazwyczaj jednocześnie w obu kanałach transmisyjnych, jeżeli sterowniki urządzenia podłączonego do magistrali FlexRay wykryją różnicę w wartości logicznej odczytanych sygnałów (np. z jednego kanału odczytana zostanie 1, z drugiego 0), odebrane informacje traktuje się jako błędne.



Rys. 8.26. Poziomy napięć (a) i odpowiadające im stany logiczne bitów (b) magistrali FlexRay

Magistrala FlexRay może mieć różną topologię. Z uwagi na małe upowszechnienie w pojazdach i małą liczbę stacji (sterowników) podłączonych do magistrali najczęściej wykorzystuje się połączenie bezpośrednio między sterownikami lub topologię gwiazdy, z umieszczoną centralnie stacją stanowiącą węzeł *gateway*, łączący magistralę FlexRay z innymi magistralami pojazdu. Przykład wykorzystania magistrali FlexRay do przekazywania informacji między sterownikiem *gateway* sieci danych a sterownikiem układu ABS/ESP pokazano na rysunku 8.27.



**Rys. 8.27.** Przykładowy schemat podłączenia sterowników ABS/ESP oraz automatycznej regulacji odstępu od poprzedzającego pojazdu możliwy do uzyskania w programie do wspomagania diagnozowania i naprawy samochodów

A4 – sterownik układu automatycznej regulacji odstępu od poprzedzającego pojazdu, A14 – sterownik układu ABS/ESP, A23 – sterownik kolumny kierownicy, A25 – sterownik *gateway*, A25 – sterownik układu SRS, A31 – sterownik drzwi, A32 – sterownik systemu komfortu, B23 – czujnik kąta skrętu kierownicy, B82–B84 – czujniki prędkości obrotowej kół, C25 – złącze diagnostyczne, F1, F10 i F13 – bezpieczniki, K26 – przekaźnik zasilania, P2 – podstawa bezpiecznika akumulatora, P22, P25, P50, P52 – bezpieczniki i przekaźniki, P50 – skrzynka bezpieczników (sterownik instalacji elektrycznej), S15 – przekaźnik asystenta jazdy pod górę, S31 – stycznik sygnalizacji zamknięcia drzwi kierowcy, S54 – przekaźnik ASR/ESP



## PYTANIA I POLECENIA

1. Wymień podstawowe rodzaje magistral danych wykorzystywanych w samochodach.
2. Co to jest magistrala CAN?
3. Podaj wymagane wartości napięcia na przewodach magistrali CAN low speed (CAN low i CAN high) dla stanu recesywnego (bit 1) i dominującego (bit 0).
4. Podaj wymagane wartości napięcia na przewodach magistrali CAN high speed (CAN low i CAN high) dla stanu recesywnego (bit 1) i dominującego (bit 0).
5. Wyjaśnij, na czym polega procedura określania dostępu poszczególnych stacji (sterowników) do magistrali CAN (tzw. arbitraż).
6. Wymień główne elementy ramki danych przesyłanych magistralą CAN i ich przeznaczenie.
7. Jaką funkcję pełni identyfikator ramki danych magistrali CAN?
8. W jakim celu stosuje się rezystory terminujące w magistrali CAN high speed?
9. Co to jest magistrala LIN?
10. Podaj wymagane wartości napięcia na przewodzie magistrali LIN dla bitów recesywnego (1) i dominującego (0) podczas nadawania.
11. Podaj wymagane wartości napięcia na przewodzie magistrali LIN dla bitu recesywnego (1) i dominującego (0) podczas odbioru.
12. Podaj przykładowe zastosowanie magistrali LIN.
13. Omów ogólną strukturę ramki danych magistrali LIN.
14. Wymień zadania stacji MASTER magistrali LIN.
15. Omów budowę magistrali MOST.
16. Opisz budowę i zadania przewodu (światłowodu) magistrali MOST.
17. Podaj zastosowanie magistrali optycznej MOST.
18. Jaki element magistrali odpowiada za kodowanie i dekodowanie sygnałów świetlnych przesyłanych magistralą MOST?
19. Omów budowę magistrali FlexRay.
20. Wymień różnice w budowie magistrali FlexRay i CAN.
21. Omów zastosowanie magistrali FlexRay. Jaki czynnik powoduje wyższość magistrali FlexRay nad pozostałymi opisanymi w tym rozdziale podręcznika?



## 8.3

# Diagnozowanie magistrali CAN

## Z TEGO ROZDZIAŁU DOWIESZ SIĘ:

- od czego należy zacząć poszukiwanie usterek magistrali CAN
- jakich informacji dostarcza tester diagnostyczny
- jak wykonywać i interpretować pomiary diagnostyczne za pomocą multimetru i oscyloskopu
- jak określić rodzaj niesprawności i odszukać miejsce jej wystąpienia

Diagnozowanie magistrali CAN zawsze rozpoczynamy od odczytania kodów usterek (w standardzie OBD II mają one postać Uxxxx – patrz rozdz. 6). Najbardziej zaawansowane testery diagnostyczne umożliwiają sprawdzenie komunikacji z poszczególnymi stacjami magistrali (rys. 8.28). Jeżeli nie występują kody usterek i zachowana zostaje łączność ze wszystkimi stacjami (sterownikami), to magistrala funkcjonuje poprawnie.

W razie usterek przewodów magistrali, takich jak:

- brak ciągłości przewodu,
- zwarcie przewodu magistrali do przewodu zasilania podłączonego do bieguna dodatniego (akumulatora),

Sprawdź CAN wnętrza pojazdu		
Moduł sterujący	Wartość zadana	Wartość rzeczywista
EZS – Elektroniczna stacyjka	- ! -	- ! -
Pasażer SAM – Moduł wprowadzania sygnałów i realizacji pasażer z przodu	- ! -	- ! -
Kierowca SAM – Moduł wprowadzania sygnału i realizacji kierowca	- ! -	- ! -
SAM-FOND – Moduł odczytywania sygnałów i realizacji sterowań z tyłu	- ! -	- ! -
ZGW – Centralny Gateway	- ✓ -	- F -
OBF – Górny panel obsługi	- ! -	- ! -
MSS – Wielofunkcyjny moduł sterujący pojazdów specjalnych	- ! -	- ! -
DBE – Panel obsługi w dachu	- ! -	- ! -
TSG-VL – Moduł sterujący drzwi z przodu z lewej strony	- ✓ -	- F -
TSG-HL – Moduł sterujący drzwi z tyłu z lewej strony	- ! -	- ! -
TSG-VR – Moduł sterujący drzwi z przodu z prawej strony	- ! -	- ! -
TSG-HR – Moduł sterujący drzwi z tyłu z prawej strony	- ! -	- ! -
ESV-kierowca – Elektryczna regulacja fotela kierowcy (z pamięcią)	- ✓ -	- F -
ESV-pasażer przy kierowcy – Elektryczna regulacja fotela pasażera z przodu	- ! -	- ! -
PFDS – Pompa pneumatyczna fotela do jazdy dynamicznej	- ! -	- ! -
LRH – Ogrzewanie kierownicy	- ! -	- ! -

**Rys. 8.28.** Przykładowe informacje diagnostyczne pokazujące wyniki sprawdzenia działania (komunikacji) poszczególnych węzłów magistrali CAN wnętrza pojazdu za pomocą testera diagnostycznego

- zwarcie przewodu magistrali do masy pojazdu,
- zwarcie obu przewodów magistrali,
- uszkodzenie stacji (sterownika),

system autodiagnostyki generuje kody usterek, zapisywane w węźle *gateway* magistrali (np. węzle *gateway* 1 na rys. 8.12). Kody braku łączności magistrali CAN mogą być także rejestrowane w pamięci diagnostycznej innych sterowników podłączonych do magistrali.

Ponieważ tester diagnostyczny komunikuje się ze stacjami za pośrednictwem magistrali CAN, w razie jej uszkodzenia nie ma możliwości nawiązania komunikacji z jakąkolwiek stacją przyłączoną do tej magistrali. Zakłócenie transmisji może wynikać z uszkodzenia jednej ze stacji lub przewodu magistrali. Prosta metoda znalezienia usterki jest kolejne odłączanie poszczególnych stacji od rozdzielacza magistrali (lub od magistrali) i sprawdzanie za pomocą testera, czy komunikacja z resztą stacji została przywrócona. Jeżeli zostaje przywrócona, wskazuje to na uszkodzenie ostatnio odłączonej stacji lub przewodu łączącego tę stację z rozdzielaczem magistrali.

Informacje dostarczane za pomocą kodów usterek nie umożliwiają jednoznacznego określenia rodzaju czy miejsca wystąpienia usterki. W razie uszkodzenia jednego z przewodów (zwarcia do masy, zwarcia do plusa zasilania, przerwania ciągłości przewodu lub zwarcia przewodów CAN low i CAN high) magistrala CAN low speed przechodzi w tryb pracy jedнопроводowej. Dane są wtedy przesyłane sprawnym przewodem, a wartość logiczna przesyłanych bitów określana jest różnicowo jako wartość napięcia na sprawnym przewodzie względem masy pojazdu. Magistrala działa, dane są przesyłane między sterownikami, ale jej funkcjonowanie nie jest optymalne (poprawne). W takim wypadku system diagnostyki pokładowej nie sygnalizuje pogorszenia stanu magistrali danych przez zaświecenie odpowiedniej kontrolki na desce rozdzielczej. Działanie magistrali CAN low speed w trybie jedнопроводowym spowoduje zapisanie w pamięci sterownika odpowiedniego kodu usterki, który będzie można odczytać za pomocą diagnostyku warsztatowego, lecz nie będzie to sygnalizowane zaświeceniem się żadnej lampki informującej o wystąpieniu usterki. Utrudnia to wczesne wykrycie występującej niesprawności, która powinna być usunięta, aby zapewnić większą odporność magistrali na zakłócenia elektromagnetyczne, wynikające z różnicowego odczytywania wartości napięć z obu przewodów magistrali (rys. 8.3).

W przypadku podstawowych uszkodzeń przewodów elektrycznych (zwarcia do masy, przerwania ciągłości przewodów, zwarcia do plusa zasilania, zwarcia przewodów CAN low i CAN high magistrali) magistrala CAN high speed właściwie nie jest zdolna do pracy (wyjątkiem jest zwarcie przewodu CAN low do masy), dlatego na dalszym etapie sprawdzania konieczne są szczegółowe pomiary przyrządowe.

Pomiary przyrządowe wykonywane multimetrem i oscyloskopem obejmują:

- pomiar rezystancji między przewodami magistrali CAN high speed,
- pomiar napięcia na poszczególnych przewodach magistrali CAN low i CAN high,
- badanie magistrali CAN za pomocą oscyloskopu (rejestracje zawartości ramek danych na obu przewodach magistrali).

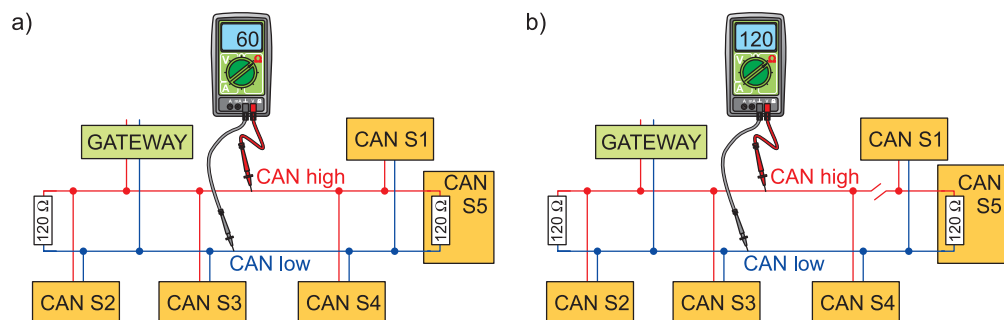
Przed przystąpieniem do pomiarów przyrządowych należy zapoznać się z topologią magistrali, określić najlepsze miejsce do wykonywania pomiarów oraz liczbę terminatorów (rezystorów terminujących), miejsca ich montażu i wartości ich rezystancji.

Pomiar rezystancji między przewodami CAN low i CAN high możliwy jest jedynie w przypadku magistrali CAN high speed, gdzie dla ograniczenia odbicia sygnału od końców magistrali zastosowano terminatory.

**Pomiar rezystancji między przewodami magistrali** wykonujemy **multimetrem**, przykładając jeden przewód pomiarowy do przewodu CAN low, a drugi do przewodu CAN high (rys. 8.29).

Wcześniej należy wyeliminować napięcie na przewodach magistrali, poprzez odłączenie na czas pomiaru zasilania stacji (np. dzięki zdjęciu klemy z zacisku /-/- akumulatora).

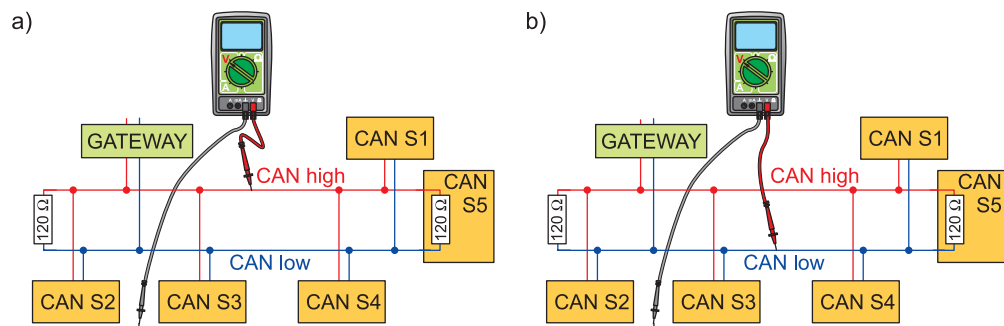
W pokazanej na rys. 8.29 topologii z dwoma terminatorami o wartości ok.  $120\ \Omega$ , jeżeli są one sprawne, a przewody magistrali ciągłe, miernik powinien wykazać rezystancję  $60\ \Omega$ , równą wartości rezystancji wypadkowej (zastępczej) dla układu dwóch równolegle połączonych terminatorów (rys. 8.29a). W razie uszkodzenia któregoś z terminatorów lub braku ciągłości przewodu (rys. 8.29b) multimetr wykaże rezystancję  $120\ \Omega$ . Jeżeli zwarte są oba przewody magistrali, rezystancja będzie wynosiła  $0\ \Omega$ . Znając umiejscowienie terminatorów, na podstawie uzyskanego wyniku pomiaru możemy dokonać ich oceny.



**Rys. 8.29.** Schemat pomiaru rezystancji między przewodami CAN low i CAN high magistrali CAN high speed oraz interpretacja wyniku pomiaru: a) magistrala sprawna, b) przerwanie ciągłości przewodu CAN high magistrali

W zależności od tego, gdzie są zlokalizowane terminatory, pomiaru rezystancji dokonujemy bezpośrednio na złączu przewodów magistrali danej stacji (jeżeli terminator jest umieszczony w tej stacji) lub w miejscu jego zamontowania (np. w rozdzielaczu/dzielniku potencjału – patrz rys. 8.4b). Dalsze czynności zależą od wyniku pomiaru: wymieniamy uszkodzony rezystor (stację) lub – jeśli rezystory są sprawne – szukamy miejsca przerwania ciągłości przewodu magistrali (opisano to w dalszej części rozdziału).

Jeżeli terminatory są sprawne, przystępujemy do **pomiaru napięcia na obu przewodach magistrali** za pomocą **multimetru**. Przewód dodatni multimetru podłączamy do badanego przewodu, a przewód ujemny – do masy pojazdu (rys. 8.30).



**Rys. 8.30.** Sposób pomiaru napięcia na przewodzie CAN high (a) i CAN low (b) magistrali CAN

Wartość zmierzonego napięcia zależy od rodzaju przewodu (CAN low lub CAN high), rodzaju magistrali (CAN high speed lub CAN low speed) oraz od stanu magistrali. Wymagane wartości średniego napięcia magistrali przesyłającej ramki danych (tj. podczas pracy) zamieszczono w tabeli 8.4. Wartość napięcia niezgodna z wymaganą wskazuje na usterkę przewodu.

**Tabela 8.4.** Wartości średniego napięcia magistrali przesyłającej ramki danych

Rodzaj magistrali	CAN high speed		CAN low speed	
Przewód	CAN low	CAN high	CAN low	CAN high
Napięcie [V]	2,3±0,1	2,7±0,1	4,3±0,3	0,8±0,3

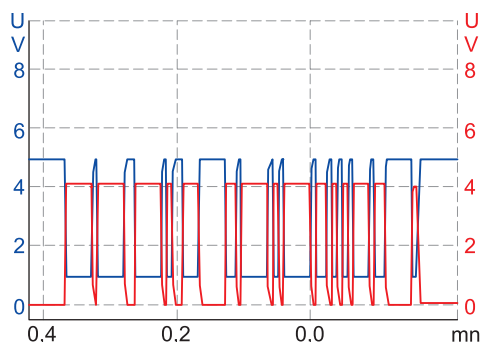
Jeżeli zmierzona wartość napięcia na przewodzie magistrali wynosi:

- 12 V – świadczy to o zwarciu przewodu magistrali do przewodu zasilania podłączonego do bieguna dodatniego (akumulatora);
- ok. 5 V – wskazuje to na zwarcie przewodu magistrali do plusa zasilania sterownika w stacji;
- 0 V – wskazuje to na zwarcie przewodu z masą pojazdu.

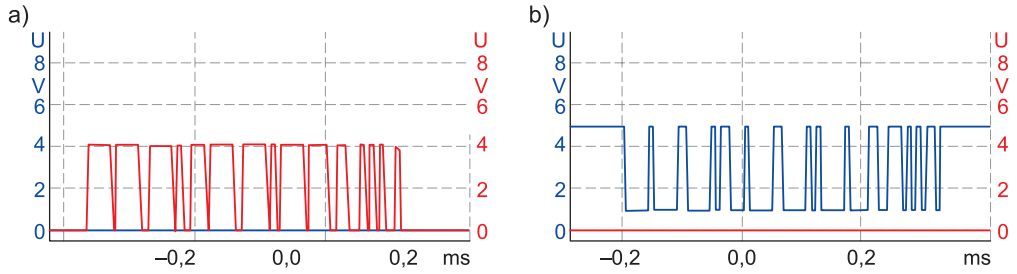
Podczas pomiaru możemy również sprawdzić różnicę napięcia między przewodami CAN low i CAN high. Jeżeli uzyskamy wynik równy 0 V, wskazuje to na zwarcie między przewodami magistrali (na obu przewodach występuje wtedy ta sama średnia wartość napięcia). Następnym etapem jest lokalizacja miejsca wystąpienia usterki.

**Pomiaru napięcia na obu przewodach magistrali** możemy dokonać również **oscylskopem**, rejestrując je jednocześnie w dwóch niezależnych kanałach. Przewody pomiarowe dodatkowo podłączamy do przewodu CAN low (pierwszy) i CAN high (drugi). Przewody ujemne obu kanałów pomiarowych oscylskopu podłączamy do masy pojazdu.

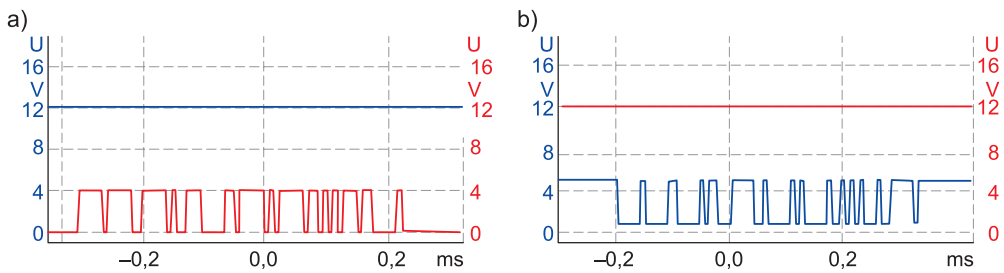
Korzystanie z oscylskopu jest wygodniejsze, ponieważ możemy jednocześnie w dwóch kanałach pomiarowych zarejestrować przebiegi sygnałów przesyłanych dwoma przewodami magistrali. Jeżeli magistrala jest sprawna, na oscylskopie obserwujemy „te same przebiegi” o wartości napięcia odpowiedniej dla przewodu (CAN low, CAN high) i rodzaju magistrali (szybkości transmisji). Przykładowe oscylogramy, uzyskane przy różnych stanach technicznych (usterekach) magistrali CAN, pokazano na rysunkach 8.31–8.34 (dla magistrali CAN low speed) oraz 8.35–8.39 (dla magistrali CAN high speed). Przebiegi uzyskane dla przewodu CAN low pokazano kolorem niebieskim, a na przewodzie CAN high – czerwonym.



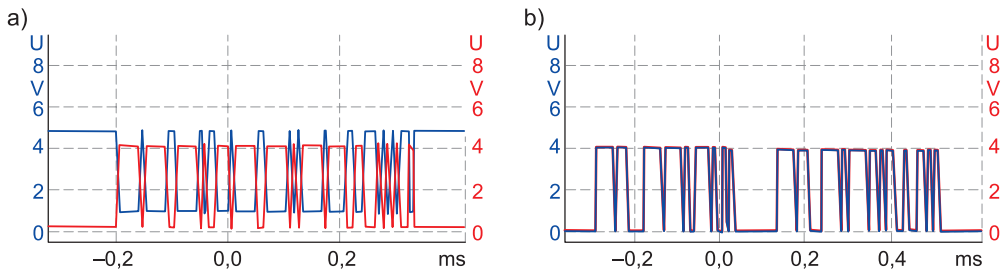
**Rys. 8.31.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach sprawnej magistrali CAN low speed



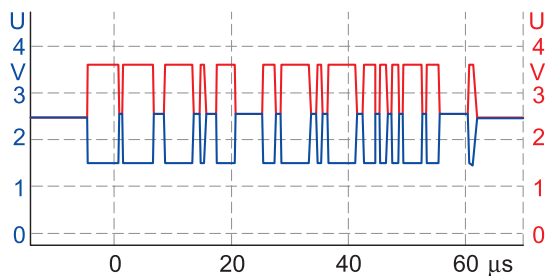
**Rys. 8.32.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali CAN low speed przy zwarciu przewodu CAN low (a) oraz przewodu CAN high (b) magistrali z masą pojazdu



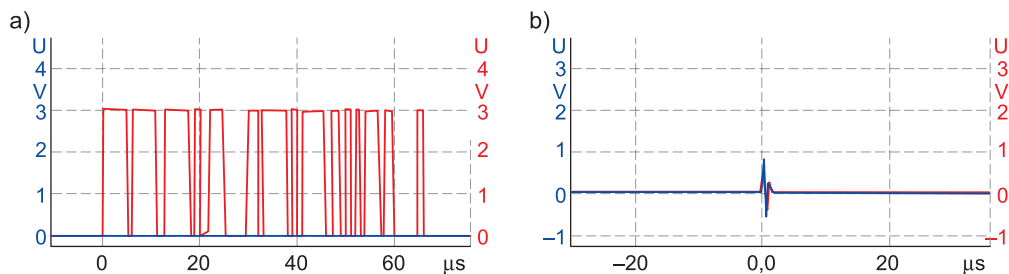
**Rys. 8.33.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali CAN low speed przy zwarciu przewodu CAN low (a) oraz przewodu CAN high (b) magistrali z przewodem zasilającym podłączonym do bieguna dodatniego zasilania (+12 V)



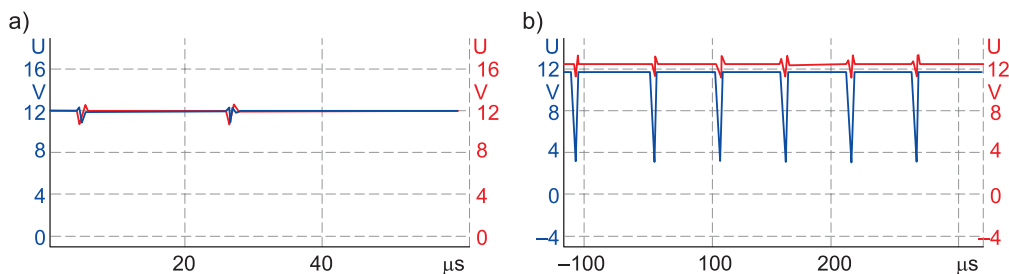
**Rys. 8.34.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali przy zwarciu (przez rezystancję) przewodu CAN high z przewodem CAN low magistrali CAN low speed (a) oraz przy zwarciu między przewodami tej samej magistrali (b)



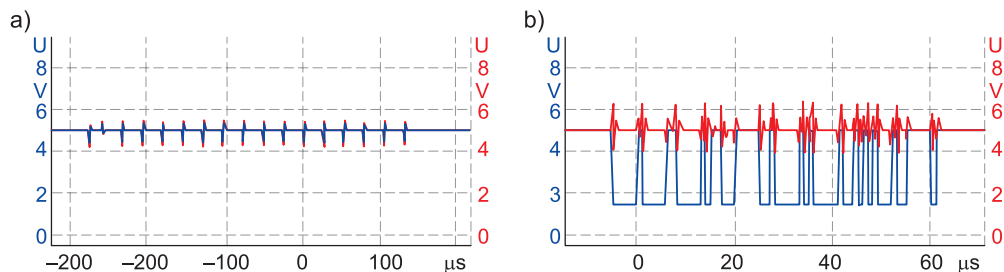
**Rys. 8.35.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach sprawnej magistrali CAN high speed



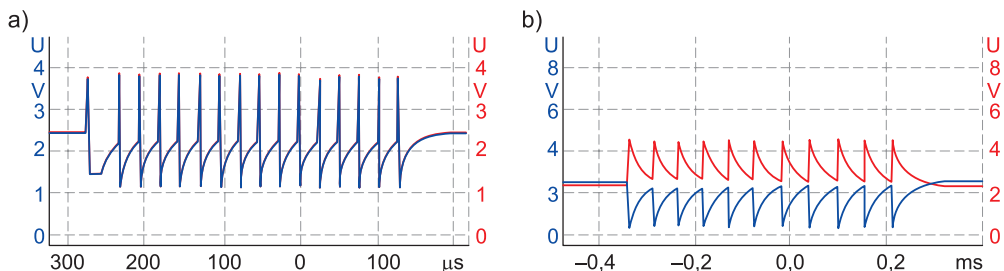
**Rys. 8.36.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali CAN high speed przy zwarceniu przewodu CAN low (a) oraz przewodu CAN high (b) z masą pojazdu



**Rys. 8.37.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali CAN high speed przy zwarceniu przewodu CAN low (a) oraz przewodu CAN high (b) z przewodem zasilającym podłączonym do bieguna dodatniego zasilania (+12 V)



**Rys. 8.38.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali przy zwarceniu przewodu CAN low (a) oraz przewodu CAN high (b) z przewodem plusa zasilania sterownika w stacji magistrali CAN high speed (+5 V)



**Rys. 8.39.** Przykładowe przebiegi sygnałów zarejestrowanych na obu przewodach magistrali CAN high speed przy zwarceniu między przewodami low i high tej samej magistrali (a) oraz dla uszkodzonego (lub braku) rezystora terminującego (b)

Na podstawie analizy wartości zarejestrowanych napięć (przebiegów) możemy określić rodzaj uszkodzenia przewodów magistrali lub sterownika. W tym celu musimy znać wartość napięcia (tj. przebiegu sygnału) sprawnej magistrali. Przykładowo, według oscylogramu z rys. 8.32a stała wartość napięcia równa 0 V przewodu CAN low magistrali CAN low speed wskazuje na zwarcie przewodu CAN low z masą pojazdu. Jednakowe przebiegi napięć na obu przewodach magistrali (rys. 8.34b) świadczą o wzajemnym zwarcu obu przewodów.

Nieco odmienne przebiegi rejestruje się dla obu magistral danych (CAN low speed i CAN high speed) przy zwartych przewodach CAN low i CAN high magistrali. W przypadku magistrali CAN low speed na obu przewodach (CAN low i CAN high) rejestrowane są takie same przebiegi sygnałów, odpowiadające sygnałom nadawanym na przewodzie CAN high (rys. 8.34b). Dla magistrali CAN high speed na obu przewodach rejestrowana jest wtedy stała wartość napięcia (ok. 2,5 V) oraz widoczne wysyłanie ramek danych, zobrazowane w postaci „szpilek” na wykresie oscyloskopowym (rys. 8.39a). Z kolei przy zwarcu przewodów CAN low i CAN high magistrali CAN low speed na obu przewodach magistrali rejestruje się obniżenie (przewód CAN low) oraz podniesienie się (przewód CAN high) poziomu napięcia dla bitów recesywnych przy niezmięnionej, prawidłowej wartości napięć bitów dominujących (rys. 8.34a) – patrz porównanie z rysunkiem 8.31.

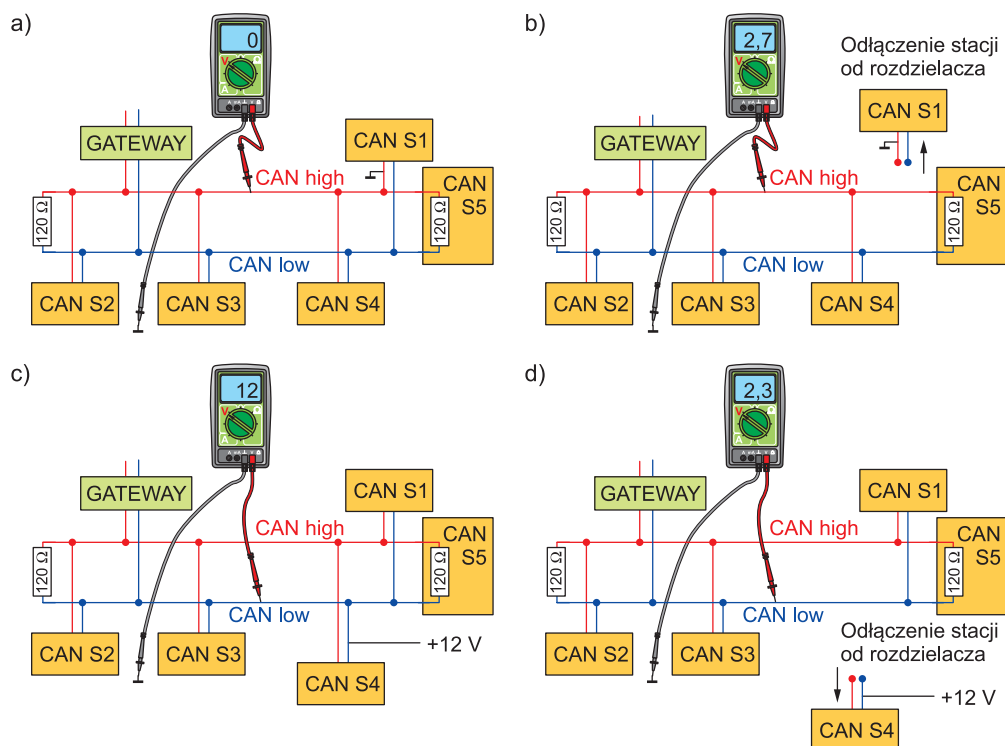
Jeżeli przeprowadzone pomiary wykażą usterki przewodów lub stacji magistrali, musiemy wskazać uszkodzone miejsca. Sposób postępowania jest wtedy następujący:

- 1) odłączamy po kolei poszczególne przewody magistrali od rozdzielacza;
- 2) rejestrujemy wartości napięcia lub przebieg ramek danych na poszczególnych przewodach magistrali;
- 3) porównujemy je z wartością uzyskaną z pomiaru dla przyłączonego przewodu (jeżeli ten pomiar wykazał istnienie usterki).

Przykładem takiego postępowania może być próba określenia miejsca zwarcia przewodu magistrali CAN high speed do masy pojazdu. Jeżeli usterka występuje między rozdzielaczem a stacją (rys. 8.40a, s. 276), to po odpięciu tej stacji od rozdzielacza wartość zmierzonego napięcia na przewodzie powinna być prawidłowa (rys. 8.40b), prawidłowy również powinien być obserwowany na oscyloskopie przebieg ramek danych. W celu określenia, czy zwarcie występuje w przewodzie, czy w sterowniku, można odłączyć przewód z powrotem przyłączyć do rozdzielacza, a jego drugi koniec odłączyć od stacji. Jeżeli usterka występuje w przewodzie, ponowne pomiary wartości napięcia na przewodach magistrali lub przebiegi ramek znowu wykażą nieprawidłowości. Jeżeli te pomiary będą zgodne z wartością napięcia sprawnej magistrali, oznacza to usterkę sterownika.

Na rysunkach 8.40c i d pokazano sposób wykrycia zwarcia przewodu CAN low jednej ze stacji do przewodu zasilania podłączonego do dodatniego (+) bieguna akumulatora. Podczas pomiaru napięcia na przyłączonym do rozdzielacza uszkodzonym przewodzie (zwartym z przewodem +12 V) multimetr pokaże napięcie 12 V (rys. 8.40c). Po odłączeniu uszkodzonego przewodu od rozdzielacza, na przewodzie CAN low multimetr pokaże prawidłowe napięcie ok. 2,3 V (rys. 8.40d). Pomiary oscyloskopem zarejestrują przebiegi o podobnym charakterze. W pierwszym wypadku rejestrowany będzie ciągły przebieg napięcia +12 V na przewodzie CAN low, a w drugim na przewodzie CAN low rejestrowane będą prawidłowe przebiegi przesyłanych ramek.

Sposób ustalenia, czy usterka magistrali występuje w przewodzie, czy w sterowniku, pokazano na rys. 8.41 (s. 277) (na przykładzie zwarcia przewodu CAN high do masy pojazdu wewnątrz sterownika – stacji CAN).

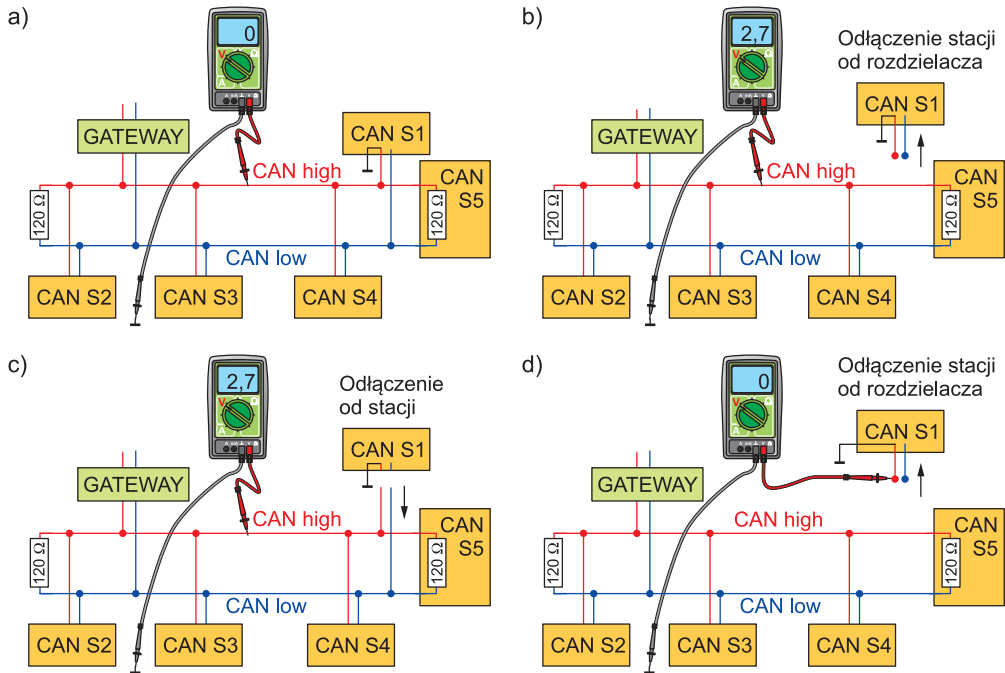


**Rys. 8.40.** Sposób lokalizacji miejsca usterki przez pomiar na przewodach magistrali CAN high speed: a), b) zwarcia przewodu CAN high do masy pojazdu; c), d) zwarcia przewodu CAN low do przewodu zasilającego podłączonego do dodatniego bieguna zasilania (+12 V)

Jeżeli zwarcie do masy występuje w sterowniku, to podczas pomiaru napięcia na zwartym przewodzie magistrali (CAN high na rys. 8.41a) uzyskamy napięcie 0 V. Po odłączeniu uszkodzonego sterownika (stacji) od rozdzielacza wartość napięcia mierzona multimetrem będzie prawidłowa (2,7 V – rys. 8.41b). Jeśli w następnej kolejności odłączymy przewody magistrali (wtyczkę) od sterownika, a przewody sterownika ponownie podłączymy do rozdzielacza i multimetr pokaże właściwą wartość napięcia (2,7 V) na przewodzie magistrali (rys. 8.41c), będzie to jednoznacznie wskazywało na usterkę sterownika (stacji). Możemy również zmierzyć napięcie na odpowiednim przewodzie odłączonym od rozdzielacza (rys. 8.41d) – w przewodzie podłączonym do uszkodzonej części układu nadawczo-odbiorczego sterownika wartość napięcia mierzona multimetrem będzie wtedy wynosiła 0 V.

Nieco bardziej skomplikowana jest lokalizacja miejsca wystąpienia usterki w magistrali bez rozdzielacza umożliwiającego proste i szybkie odłączenie od niej przewodów łączących sterownik. W przypadku poszukiwania miejsca wystąpienia wskazanej przez pomiary usterki elektrycznej, występującej w magistrali danych CAN z węzłami kontaktowymi, konieczne jest ustalenie, gdzie znajduje się taki węzeł. Dalsze postępowanie jest podobne jak w magistrali z rozdzielaczem. Należy odłączać od węzła kontaktowego przewody kolejnych sterowników i sprawdzać, czy w węźle kontaktowym rejestrowane są poprawne przebiegi sygnałów na obu przewodach magistrali. Jeżeli odłączyliśmy od węzła część magistrali, w której występuje uszkodzenie, rejestrowane sygnały powinny być poprawne. Dalsze poszukiwanie miejsca usterki prowadzimy wtedy w wytypowanej w ten sposób gałęzi (części)





**Rys. 8.41.** Sposób lokalizacji wystąpienia zwarcia przewodu CAN high do masy pojazdu w sterowniku (stacji) CAN za pomocą multimetru: a) pomiar z uszkodzonym sterownikiem przyłączonym do rozdzielacza, b) pomiar po odłączeniu uszkodzonego sterownika od rozdzielacza, c) pomiar po odłączeniu wtyczki od sterownika, d) pomiar na przewodzie do sterownika odłączonym od rozdzielacza

magistrali. Jeżeli uszkodzenie występuje w stacji magistrali, jej odłączenie od magistrali (odpięcie złącza elektrycznego od tej stacji) powinno skutkować przywróceniem poprawnych przebiegów sygnałów sterujących na obu przewodach magistrali.

Pomiary diagnostyczne, zwłaszcza odłączanie przewodów magistrali CAN od rozdzielacza lub węzłów kontaktowych podczas lokalizacji miejsca występowania usterki, powodują powstawanie kolejnych błędów wykrywanych przez system autodiagnostyki. Dlatego po zakończeniu diagnozowania i usunięciu nieprawidłowości musimy wykasować informacje o wykrytych usterkach (tj. ich kody) z pamięci diagnostycznej węzłów *gateway* magistrali CAN za pomocą testera diagnostycznego.

## PYTANIA I POLECENIA

1. Jakich informacji o stanie magistrali CAN dostarcza system autodiagnostyki (tester diagnostyczny)?
2. Podaj wartość napięcia na przewodach CAN low i CAN high sprawnej magistrali CAN high speed podczas przesyłania ramek danych.
3. Podaj wartość napięcia na przewodach CAN low i CAN high sprawnej magistrali CAN low speed podczas przesyłania ramek danych.
4. Omów sposób pomiaru napięcia na przewodach magistrali CAN za pomocą multimetru i oscyloskopu.

5. Na jakie usterki przewodu wskazuje napięcie 12 V i 0 V, zmierzone na przewodzie magistrali CAN?
6. Na jaką usterkę wskazuje jednakowa wartość napięcia (przebieg napięcia) na obu przewodach magistrali CAN?
7. Podaj wartość rezystancji zastępczej, mierzonej między przewodami CAN low i CAN high magistrali CAN high speed, zakończonej z obu stron terminatorami o wartości  $120 \Omega$  każdy, przy prawidłowym stanie magistrali.
8. Podaj sposób pomiaru rezystancji zastępczej między przewodami magistrali CAN high speed.
9. Na podstawie oscylogramów pokazanych na rysunku 8.22 dokonaj interpretacji usterki magistrali.

# 8.4

## Diagnozowanie magistrali LIN

### Z TEGO ROZDZIAŁU DOWIESZ SIĘ:

- jakie są podstawowe niesprawności magistrali LIN
- jak wykryć usterki magistrali LIN

Usterki magistrali LIN są podobne do usterek magistrali CAN. Najczęściej polegają one na: zwarciu przewodu magistrali do masy pojazdu, zwarciu przewodu magistrali do przewodu zasilającego, podłączonego do dodatniego (+) bieguna akumulatora zasilania, przerwaniu ciągłości przewodu magistrali oraz uszkodzeniu sterownika MASTER lub SLAVE.

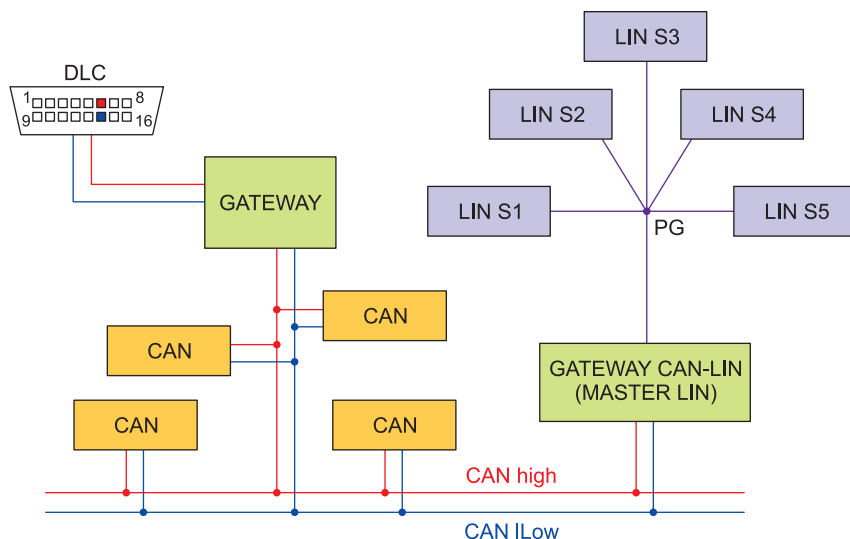
Sposób wykrywania niesprawności magistrali LIN przedstawiono na przykładzie magistrali o topologii gwiazdy, składającej się z pięciu stacji SLAVE oraz stacji MASTER (rys. 8.42). Stacja MASTER jest jednocześnie stacją magistrali CAN, a więc pełni funkcję modułu *gateway* (bramy), łączącego magistralę LIN z magistralą CAN (z innymi magistralami samochodu). Na schemacie zaznaczono również gniazdo diagnostyczne standardu OBD II, do którego można podłączyć tester diagnostyczny, umożliwiający nawiązanie komunikacji z poszczególnymi stacjami magistrali CAN.

Wstępną metodą diagnozowania magistrali LIN jest wykorzystanie informacji z systemu autodiagnostyki magistrali. **Autodiagnostyka magistrali LIN** polega na tym, że sterownik MASTER wysyła co pewien czas ramki diagnostyczne (polecenia) do poszczególnych stacji SLAVE, na które te stacje muszą odpowiedzieć. Brak odpowiedzi stacji SLAVE (zazwyczaj to samo polecenie jest wysyłane dwa razy) na komunikat (pole **nagłówek** ramki danych) węzeł MASTER interpretuje jako niesprawność tej stacji. Błąd jest rejestrowany w pamięci sterownika MASTER (węzeł *gateway*) i może być odczytany po skomunikowaniu się z magistralą CAN (węzłem *gateway* CAN-LIN na rys. 8.26). Dlatego wstępną formą diagnostyki jest podłączenie testera diagnostycznego do gniazda diagnostycznego DLC i odczyt informacji o stanie magistrali LIN, zapisanych w stacji *gateway* CAN-LIN.

Odczytane kody usterek umożliwiają (np. kiedy brak jest komunikacji z jedną stacją SLAVE) określenie miejsca wystąpienia usterki – jednak nie zawsze (np. nie jest to możliwe, kiedy przewód magistrali LIN jest zwarty do masy pojazdu). W razie uszkodzenia stacji *gateway* CAN-LIN (rys. 8.42, s. 280) lub nieciągłości przewodu łączącego tę stację z magistralą CAN nie ma możliwości uzyskania jakichkolwiek danych o stanie magistrali LIN. Wtedy w pierwszej kolejności należy określić przyczyny braku komunikacji z tą stacją.

**Szczegółową diagnostykę i określenie lokalizacji niesprawności** (miejsca wystąpienia usterki) przeprowadza się następująco:

- 1) Najpierw określamy topologię magistrali (na podstawie dokumentacji warsztatowej) oraz ustalamy liczbę i rodzaj (przeznaczenie) podłączonych do magistrali stacji.
- 2) W dalszej kolejności wykonujemy pomiary diagnostyczne za pomocą multimetru lub oscyloskopu; najlepszym miejscem wykonania pomiarów przykładowej magistrali LIN



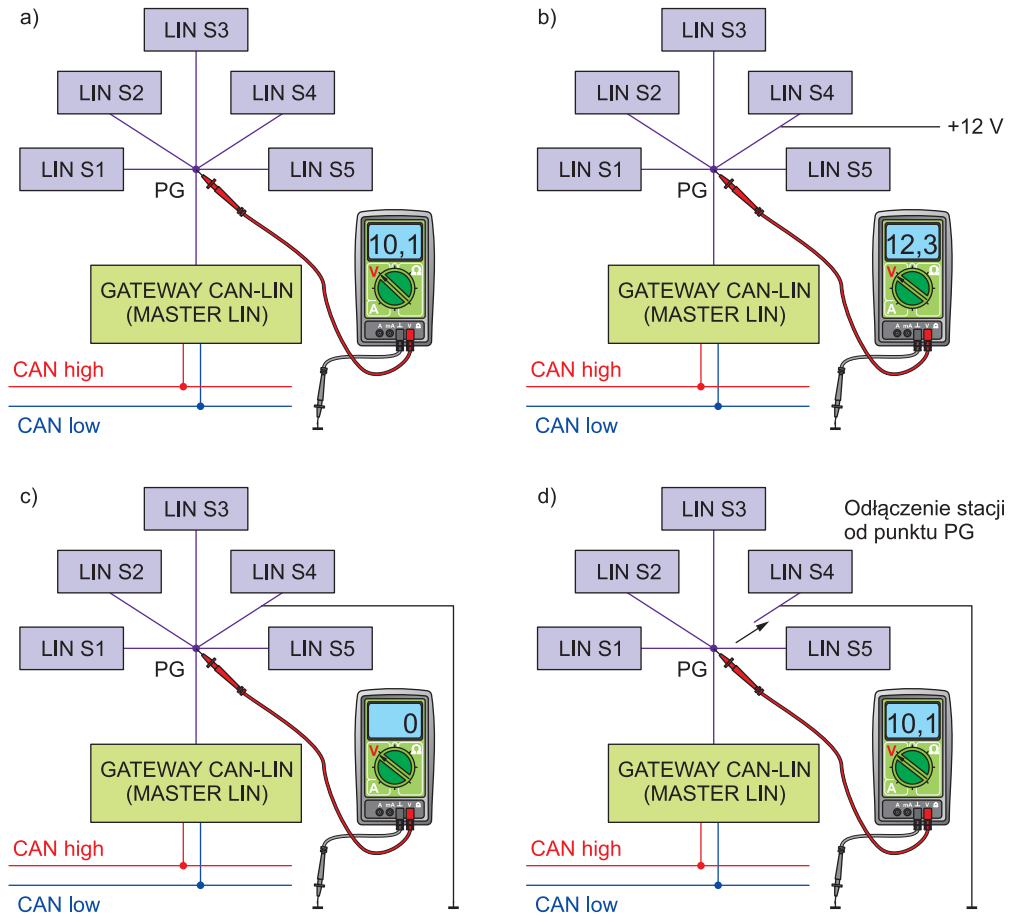
**Rys. 8.42.** Przykładowy schemat magistrali LIN o topologii gwiazdy

LIN S1–LIN S5 – stacje SLAVE magistrali LIN, DLC – gniazdo diagnostyczne, PG – punkt, w którym łączą się przewody magistrali LIN w układzie gwiazdy

jest punkt PG (rys. 8.41), miejsce połączenia przewodów magistrali w układ gwiazdy; w magistrali o strukturze liniowej pomiary możemy wykonać na odpowiednim styku wtyczki dowolnej stacji LIN (najlepiej stacji MASTER).

- 3) Do wytypowanego punktu przykładamy przewód dodatni multimetru (oscylskopu), a przewód ujemny podłączamy do masy pojazdu; możemy w ten sposób wykryć zwarcie przewodu magistrali LIN do masy pojazdu lub zwarcie do przewodu zasilającego podłączonego do dodatniego bieguna zasilania, jednak przed dokonaniem pomiarów należy zapewnić magistrali warunki do pracy (tj. nadawania ramek), na przykład poprzez włączenie zapłonu; jeżeli magistrala działa prawidłowo, multimetr wykaże średnią wartość napięcia, ok. 10 V (rys. 8.43a) – wartość ta wynika z faktu, że bity (stany) recesywne (napięcie ok.  $U_{AK}$ ) występują na magistrali częściej niż bity dominujące (ok. 0 V); jeżeli wartość napięcia mierzonego multimetrem będzie zbliżona do napięcia akumulatora, oznacza to, że wystąpiło zwarcie przewodu magistrali do przewodu zasilającego instalację pokładową z bieguna dodatniego (12 V) – rys. 8.43b, przy założeniu, że magistrala nie znajduje się w stanie pasywnym; jeżeli multimetr pokaże napięcie równe 0 V (rys. 8.43c), świadczy to o zwarciu przewodu magistrali do masy pojazdu.
- 4) Szukamy miejsca wystąpienia tego rodzaju usterek, odłączając przewody poszczególnych stacji i ponownie mierząc średnie wartości napięcia; jeżeli odłączymy uszkodzony przewód, napięcie mierzone multimetrem powinno odpowiadać napięciu sprawnej magistrali ( $U_{AK}$ ) – rys. 8.43d; po wytypowaniu uszkodzonego przewodu magistrali musimy znaleźć miejsce występowania usterek.

Jeżeli mimo odłączania kolejnych przewodów magistrali łączących punkt PG ze stacjami SLAVE multimetr wykazuje napięcie o wartości zbliżonej do 5 V (zasilanie sterownika), wskazuje to na uszkodzenie sterownika MASTER. Oznacza to, że poszczególne stacje SLAVE nadają jedynie komunikaty (pole **odpowieź** ramki danych) będące odpowiedzią na zapytanie sterownika MASTER. W takiej sytuacji musimy sprawdzić ciągłość przewodu od

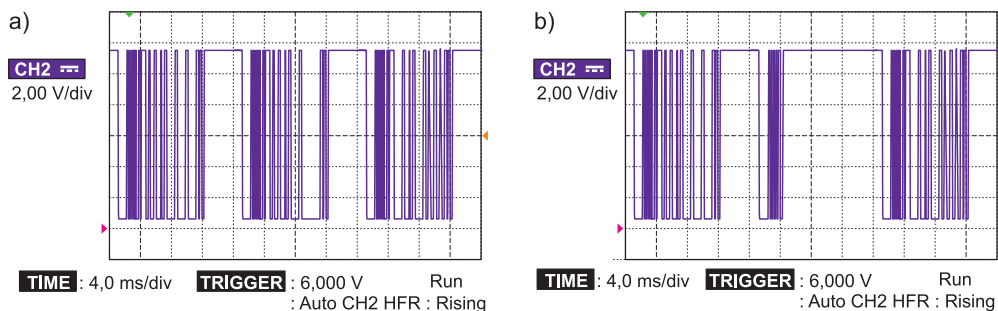


**Rys. 8.43.** Wartość napięcia mierzona w punkcie PG magistrali LIN pokazanej na rys. 8.26: a) magistrala sprawna, b) zwarcie przewodu zasilającego stację LIN S4 do dodatniego bieguna zasilania (+12 V), c) zwarcie przewodu magistrali LIN S4 do masy pojazdu, d) napięcie po odłączeniu uszkodzonego przewodu od punktu PG

punktu PG do stacji MASTER. Jeżeli przewód nie jest uszkodzony, to znaczy, że uszkodzona jest stacja MASTER.

Analogiczne pomiary możemy wykonać **oscylskopem**. Usterki przewodu magistrali – zwarcie do masy pojazdu (lub zwarcie przewodu magistrali do przewodu zasilającego podłączonego do dodatniego /+/-/ bieguna zasilania) – zarejestrowane oscylskopem będą miały wartości napięcia takie same jak mierzone multimetrem.

Oscylskop umożliwia także rejestrację ramek danych przesyłanych magistralą (rys. 8.28a). W razie braku komunikacji ze stacją SLAVE na rejestrowanym przez oscylskop przebiegu odpowiednia ramka będzie pozbawiona części danych (pole **odpowiedź** – patrz rozdz. 8.2.3) w wyniku odłączenia sterownika (tj. stacji SLAVE). Ilustruje to rysunek 8.44b (s. 282). Jeżeli w magistrali LIN liczba podłączonych stacji SLAVE jest mniejsza niż dopuszczalna (16), to na oscylskopie również będziemy obserwować niepełne ramki danych (bez pola **odpowiedź**).

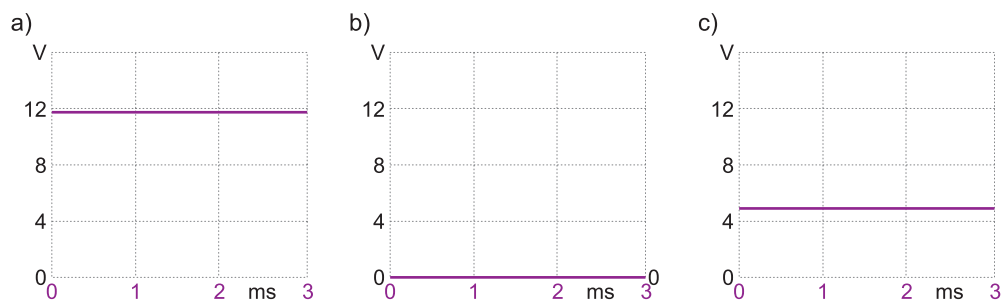


**Rys. 8.44.** Przykłady przebiegu komunikatów na magistrali LIN rejestrowanych oscyloskopem: a) magistrala sprawna, b) brak komunikacji z jedną stacją SLAVE (brak części ramki danych – pola odpowiedź)

Z powyższego opisu wynika, że diagnozowanie magistrali LIN za pomocą oscyloskopu jest miarodajne przede wszystkim wtedy, gdy do magistrali podłączono maksymalną możliwą liczbę sterowników SLAVE (16). Wówczas sposób szukania miejsca uszkodzenia (przerwania ciągłości) przewodu lub niesprawnego sterownika jest podobny do lokalizowania usterek multimetrem. Odłączamy kolejno pojedyncze przewody łączące punkt PG z poszczególnymi stacjami SLAVE i dokonujemy rejestracji ramek danych (komunikatów) przesyłanych magistralą. W przypadku odłączenia sprawnego sterownika SLAVE obserwujemy brak dodatkowego pola **odpowiedź** w jednej z ramek. Jeżeli po odłączeniu przewodu od uszkodzonej stacji SLAVE nie zmienia się wygląd żadnej z rejestrowanych ramek (ale nadal pojawia się ramka pozbawiona pola **odpowiedź**), oznacza to, że uszkodzenie występuje w odłączonej części magistrali lub brak jest stacji SLAVE, do której była skierowana ramka danych (pole **nagłówek**). Metodę tę możemy również zastosować do sprawdzania magistrali z mniejszą niż maksymalną liczbą podłączonych stacji.

Przykładowe przebiegi oscyloskopowe podstawowych usterek przewodu magistrali LIN pokazano na rysunku 8.45.

Po zakończeniu diagnozowania i usunięciu usterek kasujemy z pamięci diagnostycznej sterownika MASTER magistrali LIN informacje o wykrytych usterkach (kody usterek) za pomocą testera diagnostycznego. Skasowane zostaną też błędy powstałe podczas pomiarów diagnostycznych, np. podczas odłączania przewodów i stacji od magistrali.



**Rys. 8.45.** Przebiegi oscyloskopowe wskazujące na usterek magistrali LIN: a) zwarcie przewodu magistrali do przewodu zasilającego podłączonego do dodatniego bieguna zasilania (+12 V), b) zwarcie przewodu magistrali z masą pojazdu, c) uszkodzenie sterownika MASTER lub przewodu między punktem PG a tą stacją



## PYTANIA I POLECENIA

1. Jakie informacje diagnostyczne o stanie magistrali LIN możemy uzyskać z systemu auto-diagnostyki za pomocą testera diagnostycznego?
2. Czy po uszkodzeniu stacji *gateway* magistrali CAN-LIN można uzyskać informacje o usterkach magistrali LIN wykrytych przez system autodiagnostyki? Uzasadnij swoją odpowiedź.
3. Na co wskazuje brak części ramki danych (pola odpowiedzi) magistrali LIN?
4. W jakim miejscu magistrali LIN najlepiej zmierzyć średnią wartość napięcia za pomocą miernika uniwersalnego? Na co wskazuje wynik pomiaru, jeżeli wartość zmierzonego napięcia wynosi: a) 0 V, b) 5 V, c) 10 V, d) 12 V?
5. Na co wskazuje brak pola odpowiedzi w jednym z komunikatów przesyłanych magistralą LIN?

## 8.5

## Diagnozowanie magistrali optycznej (MOST)

### Z TEGO ROZDZIAŁU DOWIESZ SIĘ:

- jakie są podstawowe niesprawności magistrali optycznej
- jak wykryć usterki magistrali optycznej (MOST)

Podstawowymi usterkami magistrali optycznej MOST są uszkodzenia jej przewodów (światłowodów). Najczęściej wynikają one z uszkodzeń mechanicznych. Usterki stacji magistrali spotyka się rzadko.

Uszkodzenie światłowodu magistrali danych MOST uniemożliwia przesłanie danych między stacjami połączonymi uszkodzonym przewodem. Z kolei w wypadku uszkodzenia stacji MOST możliwe jest – dzięki układowi *All-bypass* (rys. 8.22) – przesyłanie danych mimo uszkodzenia urządzenia multimedialnego.

Podstawową metodą diagnozowania magistrali optycznej MOST jest diagnostyka wykonywana za pomocą testera diagnostycznego, podłączonego do złącza diagnostycznego pojazdu. Tester, przez moduł *gateway* magistrali MOST oraz przewody miedziane w topologii gwiazdy (gr/li na rys. 8.22), ma możliwość nawiązania połączenia z każdą sprawną stacją magistrali. Jeżeli nie można nawiązać połączenia, a przewody nie są uszkodzone, wskazuje to na awarię stacji (jeżeli jest zasilana właściwym napięciem).

Za pomocą testera diagnostycznego można sprawdzić:

- czy możliwa jest komunikacja z każdą ze stacji,
- czy poszczególne stacje zasilane są napięciem o odpowiedniej wartości,
- czy stacja może odbierać i wysyłać sygnały optyczne.

Sprawdzenie za pomocą testera diagnostycznego polega na wymuszeniu przesłania przez poszczególne stacje magistrali MOST informacji diagnostycznej, zawierającej dane o wynikach testów wykonanych przez stacje na polecenie testera diagnostycznego. Te testy polegają w pierwszej kolejności na sprawdzeniu poprawności napięcia zasilania przez poszczególne stacje. Następnie każda z nich wysyła testowy sygnał optyczny (falę świetlną) do kolejnej stacji oraz informację do testera diagnostycznego (za pomocą przewodu miedzianego – diagnostycznego) o stanie stacji MOST.

Jeżeli układ nadawczy (dioda świetlna) w stacji nadającej jest uszkodzony, sygnał testowy nie zostanie nadany, nie będzie więc odebrany przez stację, do której powinien dotrzeć.

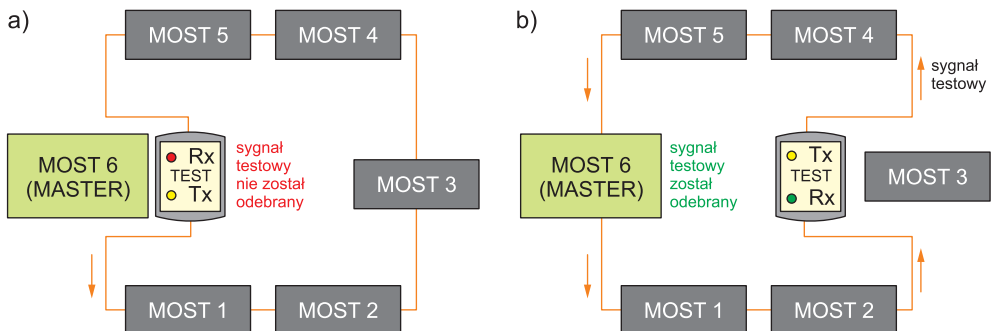
Jeżeli światłowod między dwoma sterownikami uległ przerwaniu lub tłumienie fali świetlnej jest zbyt duże wskutek uszkodzenia przewodu (np. w efekcie zbyt mocnego zgięcia), stacja, do której został wysłany sygnał testowy, go nie odbierze. Sygnał testowy nie jest odbierany także w przypadku uszkodzenia układu odbiorczego (fotodiody odbiorczej) w stacji, do której miał trafić.

Jeżeli dysponujemy testerem diagnostycznym z odpowiednim oprogramowaniem, możemy sprawdzić, czy tłumienie fali świetlnej nie jest zbyt duże. Kontrola polega na wysłaniu



sygnału testowego o mocy obniżonej o połowę w porównaniu do sygnału wysyłanego podczas pracy. Jeżeli światłowód jest w dobrym stanie technicznym, a wysłana fala świetlna nie ulega tłumieniu (odbija się od powierzchni światłowodu bez strat), stacja odbiorcza zarejestruje (odczyta) ten sygnał poprawnie. Jeżeli natomiast tłumienie jest zbyt duże, sygnał testowy nie zostanie poprawnie odczytany.

Stan poszczególnych stacji można zweryfikować za pomocą specjalnego przyrządu testowego, który podłącza się do światłowodów magistrali w miejsce sprawdzanej stacji. Wysyła on sygnał testowy, który po przejściu przez całą magistralę (jeżeli wszystkie jej elementy są sprawne) wraca do przyrządu (źródła sygnału testowego). Jeżeli po podłączeniu przyrządu testowego zamiast innej stacji (przy stacji sprawdzanej poprzednio podłączonej do magistrali) sygnał testowy nie powraca do urządzenia diagnostycznego, wskazuje to na uszkodzenie pierwszej sprawdzanej stacji. Sposób sprawdzania pokazano na rysunku 8.46.

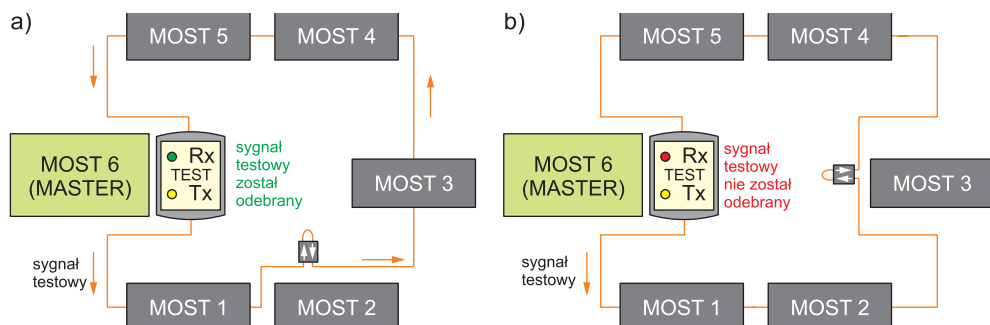


**Rys. 8.46.** Schemat kontroli działania stacji magistrali MOST za pomocą przyrządu testowego: a) przyrząd podłączony w miejsce stacji sprawnej (sygnał testowy nie został odebrany, ponieważ jedna ze stacji jest uszkodzona), b) przyrząd podłączony w miejsce stacji uszkodzonej (sygnał testowy został odebrany)

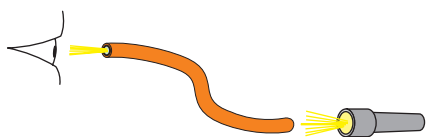
Podłączenie urządzenia testowego do złączy poszczególnych stacji jest często utrudnione. Lepszą metodą okazuje się podłączenie urządzenia testowego do złącza światłowodowego stacji o najlepszym dostępie. Następnie dla kolejno sprawdzanych stacji odłączamy przyłączone do niej złącze światłowodowe, do którego podłączamy specjalną zworę (rys. 8.47), umożliwiającą przesłanie sygnału dalej, z pominięciem odłączonej stacji. Jeżeli sygnał testowy nie dociera do urządzenia testowego, wskazuje to na obecność w magistrali uszkodzonej stacji. Jeżeli natomiast sterownik odbiera nadany sygnał, uszkodzona jest magistrala odłączona na czas wykonywania testu (rys. 8.48, s. 286).



**Rys. 8.47.** Specjalna zwora do przesłania sygnału świetlnego (testowego) z pominięciem odłączonej stacji magistrali MOST



**Rys. 8.48.** Schemat sposobu lokalizacji uszkodzonej stacji magistrali MOST z wykorzystaniem urządzenia testowego i zwory: a) urządzenie testowe odebrało wysłany sygnał – odłączona stacja jest uszkodzona, b) urządzenie testowe nie odebrało wysłanego sygnału (wyniki obu pomiarów wskazują na uszkodzenie stacji MOST 2)



**Rys. 8.49.** Warsztatowy sposób sprawdzania światłowodu

Prostą metodą weryfikacji działania światłowodu jest odłączenie go od obu stacji, przesłanie sygnału świetlnego emitowanego np. przez latarkę LED przyłożoną do jednego końca i obserwacja, czy na drugim końcu światłowodu będzie widoczny sygnał świetlny (światłowód „świeci”) – rys. 8.49. Jeżeli tak nie jest, wskazuje to na uszkodzenie światłowodu lub jego złącza optycznego.

## PYTANIA I POLECENIA

1. Omów ogólną strukturę i zasadę działania magistrali most.
2. Wymień metody diagnozowania magistrali most.
3. W jaki sposób można sprawdzić działanie stacji magistrali most?
4. Jakie skutki dla działania magistrali optycznej powoduje uszkodzenie światłowodu? Jak skontrolować poprawność jego działania?

## ZAPAMIĘTAJ

**Sterowanie** oznacza oddziaływanie wielkości wejściowych na wielkości wyjściowe. Inaczej mówiąc, jest to celowe działanie na element wykonawczy przez podanie na ten element sygnału sterującego w celu uzyskania określonego efektu.

W **sterowaniu cyfrowym** sygnały sterujące mają postać sygnałów cyfrowych, kodowanych binarnie (o wartości logicznej 0 lub 1).

Magistrala **CAN** (ang. **C**ontroler **A**rea **N**etwork) to najczęściej stosowana dwuprzewodowa magistrala wymiany danych w pojazdach. Rozróżniamy wśród nich:

- magistralne CAN o małej prędkości (CAN low speed), w których szybkość transmisji danych dochodzi do 125 kbit/s,
- magistralne CAN o dużej prędkości (CAN high speed), w których szybkość transmisji danych dochodzi do 1 Mbit/s (1 Mbit = 1000 kbit).

Informacje przesyłane magistralą CAN mają postać binarną, a ich transfer odbywa się w pakietach zwanych **ramkami**. Wartości bitowe ustalane są na podstawie różnicy wartości napięcia na obu przewodach magistrali.

Każda stacja (sterownik) magistrali CAN zawiera układ nadawczo-odbiorczy (ang. *transceiver*). Nadajnik (ang. *transmitter*) umożliwia nadawanie ramek danych, a odbiornik (ang. *receiver*) odczytuje zawarte w nich dane. Oba procesy odbywają się równocześnie.

Magistrala CAN jest sterowana zdarzeniami – informacje są przesyłane według ich ważności.

Magistrala danych LIN (ang. *Local Interconnect Network*) jest jedнопроводowa i zazwyczaj stanowi uzupełnienie magistrali CAN. Maksymalną szybkość przesyłania danych w magistrali LIN określa węzeł nadrzędny (MASTER) – nie przekracza ona 20 kbit/s.

W magistrali LIN występuje czasowy system nadawania informacji, które również przesyłane są w ramach danych w postaci binarnej. Wartości napięcia odpowiadające poszczególnym stanom logicznym zawierają się w zakresie napięcia zasilania  $U_{AK}$  (akumulatora).

Diagnozowanie przyrządowe magistral danych CAN i LIN wykonujemy na podstawie schematu połączeń elementów magistrali. Obejmuje ono proste pomiary wykonywane multimetrem i oscyloskopem, które umożliwiają wykrycie podstawowych usterek przewodów magistrali, terminatorów (magistrala CAN high speed) i sterowników. Najwięcej informacji dostarczają oscylogramy przebiegów napięcia na przewodach magistrali CAN (oraz przewodzie magistrali LIN).

Lokalizacja miejsca występowania podstawowych usterek magistrali CAN polega przede wszystkim na porównaniu sygnałów (wartości napięć) zarejestrowanych na przewodach magistrali podczas podłączania oraz odłączania przewodu łączącego stacje z rozdzielaczem/dzielnikiem potencjału magistrali. Jeśli uszkodzony jest przewód lub stacja magistrali, po jego odłączeniu od rozdzielacza CAN rejestrujemy prawidłową pracę pozostałej części magistrali.

Wykrywanie miejsca usterki magistrali CAN lub LIN powoduje generowanie kodów kolejnych usterek, które należy usunąć po zakończeniu procesu diagnozowania i dokonanej naprawie.

## SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Podaj podstawowe cechy magistral: *Bluetooth*, MOST i FlexRey.
2. Wymień różnice między magistralą CAN low speed oraz magistralą CAN high speed.
3. Podaj wartość rezystancji rezystorów terminujących (terminatorów) stosowanych w magistrali CAN high speed. Ile ich jest i gdzie się je umieszcza?
4. Na czym polega *bit stuffing* stosowany w magistrali CAN?
5. Dlaczego dwuprzewodowa magistrala danych (np. CAN) jest bardziej odporna na zakłócenia zewnętrzne niż magistrala jedнопроводowa (np. LIN)?
6. Co to są węzły (rozdzielacze, dzielniki potencjału) stosowane w magistrali CAN i do czego służą?
7. Korzystając z rysunku 8.8, wyjaśnij działanie magistrali CAN.
8. Jaka funkcję pełnią bramy (ang. *gateway*) w magistralach danych? Jak uszkodzenie jednej podsieci wpływa na działanie innych?
9. Podaj główne różnice między magistralami LIN i CAN.
10. Omów sposób działania magistrali LIN.

11. Jaką funkcję pełni identyfikator ramki danych magistrali LIN?
12. W jaki sposób można wykorzystać pomiary napięć na przewodach magistrali CAN do jej diagnozowania?
13. Przedstaw sposób i interpretację pomiaru rezystancji zastępczej między przewodami CAN low i CAN high magistrali CAN high speed.
14. Podaj wartości napięcia na przewodzie magistrali CAN odpowiadające: a) zwarcia przewodu magistrali do przewodu zasilającego, podłączonego do dodatniego (+) bieguna zasilania, b) zwarcia przewodu magistrali do masy pojazdu.
15. Jak można wykorzystać pomiary oscyloskopowe przebiegu napięcia na przewodach magistrali CAN do wykrywania usterek magistrali?
16. W jaki sposób można wykryć zwarcie między przewodami CAN high i CAN low magistrali CAN? Uzasadnij swoją odpowiedź.
17. Podaj sposób lokalizacji usterek magistrali CAN, np. miejsca zwarcia przewodu CAN low magistrali CAN do masy pojazdu.
18. Porównaj sposoby diagnozowania magistral CAN i LIN.
19. Wymień sposoby diagnozowania magistrali LIN.
20. W jaki sposób można wykorzystać multimetr do diagnostyki magistrali CAN?
21. Podaj wartości napięcia zmierzonego na magistrali LIN w przypadku: a) zwarcia przewodu magistrali do masy, b) zwarcia przewodu magistrali do przewodu zasilającego, podłączonego do dodatniego (+) bieguna zasilania, c) uszkodzonego sterownika MASTER.
22. W jaki sposób podłącza się końcówki pomiarowe oscyloskopu i multimetru podczas pomiarów elektrycznych parametrów diagnostycznych magistral CAN i LIN?
23. Podaj sposoby diagnozowania magistrali optycznej MOST.

## LITERATURA

- [1] W. Bałaziński, *CAN czyli każdy z każdym, byle po kolei*, „AutoEXPERT” nr 3/1999 (cz. I) i 4/1999 (cz. II).
- [2] W. Bałaziński, *Sieci informatyczne z magistralami CAN*, „AutoEXPERT” nr 4/2000.
- [3] M. Frei, *Samochodowe magistrale danych w praktyce warsztatowej*, WKŁ, Warszawa 2010.
- [4] B. Frykowski, E. Grzeszczyk, *Systemy transmisji danych*, WKŁ, Warszawa 2010.
- [5] A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011.
- [6] J. Pochopień, *Transmisja cyfrowa CAN – przykład usterki*, Bosch „Autospec” nr 2(48)/2013.
- [7] J. Pochopień, *Transmisja cyfrowa LIN – przykłady jej zastosowań oraz diagnostyki*, Bosch „Autospec” nr 3(49)/2013.
- [8] *Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych*, Seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2008.
- [9] T. Widerski, *Samochodowe sieci informatyczne*, seria „Poradnik serwisowy” nr 5/2005, Wydawnictwo Instalator Polski, Warszawa 2005.
- [10] W. Zimmermann, R. Schmigdall, *Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy*, WKŁ, Warszawa 2008.
- [11] *Niewidzialni pomocnicy, część 1*, „AutoEXPERT” nr 4/2011.
- [12] *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010.
- [13] *Transmisja danych w pojazdach samochodowych*, „AutoEXPERT” nr 11/2007 (cz. I) i 12/2007 (cz. II).

## Źródła ilustracji i fotografii

**Tekst główny:** s. 14 (algorytm zabiegów resuscytacyjnych) G. Trawiński; s. 19 (obwody instalacji elektrycznej) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 20 (schemat instalacji dwuprzewodowej samochodu) opracowanie G. Trawiński na podstawie M. Bustrzycki *Diagnostowanie uszkodzeń obwodów elektrycznych*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 6/2010; s. 22 (obwody elektryczne) opracowanie G. Trawiński na podstawie M. Bustrzycki *Diagnostowanie uszkodzeń obwodów elektrycznych*, „Serwis Motoryzacyjny” nr 6/2010; s. 24 (prawidłowa praca oraz zwarcie w instalacji elektrycznej) opracowanie G. Trawiński; s. 25 (bezpieczniki samochodowe) G. Trawiński; s. 25 (skrzynka bezpieczników) G. Trawiński; s. 25 (schemat skrzynki bezpieczników) program AutoData; s. 28 (schemat ideowy obwodu przekaźnika samochodowego) G. Trawiński; s. 29 (budowa i działanie przekaźnika) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 29 (budowa przekaźnika kontaktronowego) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 30 (oznaczenia styków przekaźników samochodowych) opracowanie G. Trawiński na podstawie *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 31 (oznaczenia bezpieczników) G. Trawiński; s. 32 i 33 (symbole graficzne elementów elektrycznych i elektronicznych) WKiŁ; s. 33 (oznaczenia literowe elementów instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 34-36 (oznaczenia zacisków) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 37 (schemat połączeń elektrycznych układu poduszek gazowych) EsiTronic; s. 38 (schemat połączeń elektrycznych wtyczek sterowników) Esitronic; s. 39 (schemat magistrali CAN HighSpeed) program HGS Data; s. 45 (wskaźniki na desce rozdzielczej) G. Trawiński; s. 46 (multimetry) G. Trawiński; s. 46 (wyświetlacz multimetru z bargrafem) G. Dyga; s. 47 (dokładność pomiaru multimetrem) G. Trawiński; s. 48 (schemat blokowy oscyloskopu) G. Dyga; s. 49 (oscyloskop cyfrowy) G. Dyga; s. 49 (przykładowy ekran oscyloskopowy) G. Dyga; s. 51 (sondy pomiarowe multimetru i oscyloskopu) G. Dyga; s.52 (sonda prądowa) G. Trawiński; s. 52 (sposób montażu sondy prądowej) G. Trawiński; s. 55 (oznaczenia na multimetrze) G. Dyga; s. 56 (pomiar napięcia multimetrem) G. Dyga; s. 56 (pomiar natężenia prądu multimetrem) G. Dyga; s. 56 (pomiar prądu za pomocą adaptera do multimetru) G. Trawiński; s. 58 (pomiar rezystancji multimetrem) G. Dyga; s. 58 (wyznaczenie rezystancji własnej przewodów multimetru) G. Trawiński; s. 59 (pomiar wysokiego napięcia w układzie zapłonowym) G. Trawiński; s. 59 (pomiary multimetrem) G. Trawiński; s. 61 i 62 (zrzuty ekranu oscyloskopu) G. Dyga; s. 65 (parametry bieżące odczytywane przez sterownik); G. Trawiński; s. 65 (gniazda oscyloskopów) G. Dyga; s. 66 (diagnoskop FSA 740) G. Trawiński; s. 67 (ekran oscyloskopów) s. 67 (sygnał prostokątny) G. Trawiński; s. 68 (informacje diagnostyczne) program AutoData; s.69 (informacje diagnostyczne) program HGSDData (r.3.22) i Retis (r.3.23); s. 75 (budowa akumulatora) Bosch; s.76 (zaciski akumulatora) G. Trawiński; s. 77 (zasada działania akumulatora) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 78 (tabliczka znamionowa akumulatora) G. Trawiński; s. 79 (akumulator AGM) Johnson Controls; s. 79 (akumulator z ogniwami spiralnymi) Johnson Controls; s. 80 (czujnik IBS) Hella; s. 81 (wskaźnik naładowania akumulatora) G. Trawiński; s. 82 (elementy wskaźnika naładowania akumulatora) G. Trawiński; s. 83 (areometr) G. Trawiński; s. 84 (refraktometr) G. Trawiński; s. 85 (pomiar siły elektromotorycznej i napięcia akumulatora pod obciążeniem) G. Trawiński; s. 87 (zasady wyznaczania wartości prądu rozruchowego) St. Myszkowski: *Elektroniczne testery akumulatorów*. „Serwis Motoryzacyjny” nr 11/2008; s. 88 (ocena akumulatora metodą konduktancji) G. Trawiński; s. 88 (interpretacja pomiaru konduktancji) St. Myszkowski: *Elektroniczne*

testery akumulatorów. Serwis Motoryzacyjny nr 11/2008; s. 91 (budowa alternatora) *Prądnica*, Auto EXPERT nr 3/1995; s. 91 (elementy alternatora) Bosch; s. 92 (schemat budowy i działania alternatora) *Prądnica*, Auto EXPERT nr 3/1995 G. Trawiński; s. 93 (zasada prostowania napięcia) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 94 (działanie obwodów alternatora) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 95 (alternator kompaktowy) Bosch; s. 95 (schemat elektryczny alternatora z regulatorem multifunkcyjnym) program Esitronic; s. 98 (wyniki oceny alternatora) G. Trawiński; s. 99 (schemat podłączenia alternatora do instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 100 i 101 (oscyllogramy napięcia) materiały Akademii, AutoElektro; s. 102 (tester alternatorów sterowanych cyfrowo) Wega; s. 107 (Budowa rozrusznika) Bosch; s. 108 (działanie rozrusznika) opracowanie G. Trawiński na podstawie *MAN Grundlagen der Nutzfahrzeugtechnik. Basiswissen Lkw und Bus*, MAN Truck & Bus AG; s. 109 (zabezpieczenie rozrusznika) G. Trawiński; s. 112 (pomiar napięcia zasilania rozrusznika) G. Dyga; s. 115 (schemat systemu Start-Stop) opracowanie G. Trawiński; s. 116 (przycisk systemu Start-Stop) (r. 5.6a) G. Trawiński; s. 116 (informacje o działaniu systemu Start-Stop) G. Dyga (r. 5.6b i c); s. 117 (rozwiązanie układu Start-Stop) Bosch; s. 118 (urządzenie do diagnozowania akumulatora systemu Start-Stop) Johnson Controls; s. 119 (raport z badania systemu Start-Stop) Johnson Controls; s. 121 (praca świcy żarowej sterowanej elektronicznie) M. Karczewski, L. Szczęch, G. Trawiński: *Silniki pojazdów samochodowych*, WSiP, Warszawa 2013; s. 122 (pomiar rezystancji świcy żarowej) G. Trawiński; s. 123 (pomiar prądu grzania świcy) G. Trawiński; s. 123 (przebieg prądu grzania świcy) G. Trawiński; s. 124 (schemat podłączenia sterownika świec żarowych) G. Trawiński; s. 125 (tester świec żarowych) G. Trawiński; s. 126 (tester niskonapięciowych świec żarowych) Federal Mogul/Beru; s. 130 (zadania systemu OBD II) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007; s. 131 (ogólny schemat wykrywania usterek przez system OBD II) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007; s. 133 (schemat wykrywania usterek elektrycznych czujników) G. Trawiński; s. 133 (schemat wykrywania usterek elektrycznych elementu wykonawczego) G. Trawiński; s. 134 (gniazdo diagnostyczne OBD II) norma SAE J1962 *Złącze diagnostyczne*; s. 135 (umiejscowienie gniazda diagnostycznego OBD II) G. Trawiński; s. 137 (czytnik kodów) G. Trawiński; s. 137 (tester diagnostyczny, rejestratory danych) G. Dyga; s. 138 (dane z czytnika kodów AMX 550) G. Trawiński; s. 140 (przebiegi parametrów zarejestrowane rejestratorem danych) G. Trawiński; s. 141 (podłączenie czujnika temperatury do sterownika silnika) G. Trawiński; s. 144 (przebiegi zmian sygnałów) G. Trawiński; s. 145 (układy pomiaru prędkości obrotowej wału korbowego i identyfikacji cylindra) G. Trawiński; s. 146 (podłączenie czujnika indukcyjnego i hallotronowego) G. Trawiński; s. 148 (ocena czujnika indukcyjnego) G. Trawiński; s. 148 (sygnały z czujnika indukcyjnego i hallotronowego) G. Trawiński; s. 150 (schemat podłączenia przepływomierza powietrza) G. Trawiński; s. 150 (schemat podłączenia przepływomierza powietrza z czujnikiem temperatury) G. Trawiński; s. 151 (sygnały częstotliwościowe z przepływomierza powietrza) G. Trawiński; s. 153 (schemat podłączenia czujników ciśnienia powietrza) G. Trawiński; s. 154 (kontrola czujnika ciśnienia powietrza za pomocą manometru) G. Trawiński; s. 154 (sygnał częstotliwościowy z czujnika ciśnienia powietrza) G. Trawiński; s. 155 (schemat podłączenia czujnika temperatury) G. Trawiński; s. 157 (parametry bieżące sondy lambda) G. Trawiński; s. 157 (schemat podłączenia sondy lambda) G. Trawiński; s. 158 (kontrola sondy lambda) G. Trawiński; s. 159 (przebieg napięcia i prądu grzania sondy lambda) G. Trawiński; s. 160 (sygnały napięciowe z sondy lambda) U. Rokosch: *Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne*, Warszawa, WKŁ 2007 (r. 6.28); s. 160 (ocena sondy za pomocą oscyloskopu)

G. Trawiński (r. 6.29); s. 162 (schemat podłączenia szerokopasmowej sondy lambda) G. Trawiński; s. 162 (prąd pompowania sondy szerokopasmowej) G. Trawiński; s. 163 (pomiar napięcia referencyjnego sondy szerokopasmowej) G. Trawiński; s. 168 (przebieg napięcia i prądu wtryskiwacza) G. Trawiński; s. 168 (rodzaje sygnałów sterujących wtryskiwaczami) *Diagnoskop samochodowy CT 420. Instrukcja obsługi*; s. 169 (wykresy sygnałów sterujących wtryskiwaczami układu Common Rail) G. Trawiński; s. 170 (przebieg prądu pobieranego przez wtryskiwacza bezpośredniego wtrysku benzyny) G. Trawiński; s. 170 (schemat podłączania wtryskiwaczy) G. Trawiński; s. 171 (schemat podłączania zaworu recyrkulacji spalin) G. Trawiński; s. 174 (schemat podłączania silnika krokowego) G. Trawiński; s. 175 (sygnały sterujące silnikiem krokowym) G. Trawiński; s. 175 (schemat podłączenia przepustnicy elektronicznej) G. Trawiński; s. 177 (sygnały wyjściowe z czujników położenia przepustnicy) G. Trawiński; s. 178 (systemy sterowania wentylatorami) G. Trawiński; s. 179 (sterowanie wentylatorem przez sterownik) G. Trawiński; s. 179 (jednostopniowy termowłącznik wentylatora) G. Trawiński; s. 180 (symulator rezystancyjnych czujników temperatury) G. Trawiński; s. 181 (kontrola przekaźnika) G. Trawiński; s. 187 (regulacja kata zapłonu) *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*, Robert Bosch GmbH, 2011; s. 187 (wykrywanie wypadania zapłonów poprzez pomiar prędkości) G. Trawiński; s. 191 (cewki dwubiegunowe) G. Trawiński; s. 192 (sygnały sterujące cewką dwubiegunową) G. Trawiński; s. 192 (kontrola cewki dwubiegunowej) G. Trawiński; s. 193 (pomiar napięcia obwodów wtórnych układu zapłonowego) J. Gładysek, M. Gładysek: *Poradnik diagnostyki samochodowej. Diagnostoskop silnikowy Bosch FSA serii 7xx*. Bosch; s. 193 (przebieg napięcia w obwodzie pierwotnym cewki) G. Trawiński; s. 194 (przebieg napięcia w obwodzie wtórnym cewki) G. Trawiński; s. 194 (informacje z układu zapłonowego) G. Trawiński; s. 195 ((pomiar napięcia obwodów wtórnych układu zapłonowego z cewkami indywidualnymi) J. Gładysek, M. Gładysek: *Poradnik diagnostyki samochodowej. Diagnostoskop silnikowy Bosch FSA serii 7xx*. Bosch; s. 196 (schemat podłączenia cewek ołówkowych) G. Trawiński; s. 197 (schemat podłączenia cewek zespolonych – listwy) G. Trawiński; s. 198 (wygląd i schemat cewek indywidualnych) G. Trawiński; s. 199 (podłączenie czujnika spalania detonacyjnego) G. Trawiński; s. 200 (moment dokręcania czujnika spalania detonacyjnego) Program AutoData; s. 200 (sygnał z czujnika spalania detonacyjnego) G. Trawiński; s. 204 (schemat procesu regulacji) G. Trawiński; s. 207 (wyświetlacz) G. Trawiński; s. 209 (schemat ideowy magistrali CAN High Speed) G. Trawiński; s. 210 (rozdzielacze CAN) G. Trawiński; s. 211 (poziomy napięć na przewodach magistrali CAN) G. Trawiński; s. 212 (wpływ zakłóceń na sygnał magistrali CAN) G. Trawiński; s. 212 (budowa sterowników CAN) G. Trawiński; s. 213 (schemat działania magistrali CAN) G. Trawiński; s. 214 (arbitraż magistrali CAN) G. Trawiński; s. 214 (struktura ramki danych CAN) G. Trawiński; s. 215 (ramka danych CAN) G. Trawiński; s. 217 (schematy połączeń magistral danych) G. Trawiński; s. 218 (schemat ideowy magistrali LIN) G. Trawiński; s. 219 (ogólny schemat działania magistrali LIN) G. Trawiński; s. 219 (elementy składowe magistrali LIN) G. Trawiński; s. 220 (poziomy napięć na magistrali LIN) G. Trawiński; s. 221 (ramka danych LIN) G. Trawiński; s. 223 (protokół kontroli magistrali CAN) G. Trawiński; s. 224 (Pomiar rezystancji między przewodami magistrali CAN) G. Trawiński; s. 225 (pomiar napięcia na przewodach magistrali CAN) G. Trawiński; s. 227 (przykładowe przebiegi sygnałów na magistrali CAN) G. Trawiński; s. 228 (sposób lokalizacji usterki magistrali CAN) G. Trawiński; s. 229 (sposób lokalizacji usterki magistrali CAN) G. Trawiński; s. 230 (topologia gwiazdy magistrali LIN) G. Trawiński; s. 232 (diagnozowanie magistrali LIN) G. Trawiński; s. 233 (ramki danych magistrali LIN) G. Trawiński; s. (przebiegi oscyloskopowe na magistrali LIN) G. Trawiński; s. 239 (symbole lampek kontrolnych) *Poradnik techniki samochodowej*, Wydawnictwo Rea, Warszawa

2010; s. 240 (schemat blokowy zestawu wskaźników) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Część 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 241 (podłączenie zestawu wskaźników do instalacji pokładowej samochodu) G. Trawiński; s. 243 (analogowy czujnik temperatury cieczy chłodzącej) G. Trawiński; s. 245 (widok czujnika kontaktronowego poziomu cieczy chłodzącej) G. Trawiński; s. 245 (zasada działania czujnika kontaktronowego) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 246 (schemat stykowego czujnika spadku ciśnienia oleju) M. Bustrycki: *Włączniki elektryczne sterowane ciśnieniem*, Serwis Motoryzacyjny nr 7-8/2011; s. 247 (schemat podłączenia czujnika ciśnienia oleju) G. Trawiński; s. 248 (widok czujnika poziomu oleju) Bosch; s. 248 (schemat działanie pojemnościowego czujnika poziomu oleju) praca zbiorowa *Silniki pojazdów samochodowych*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 248 (schemat podłączenia czujnika ciśnienia oleju) G. Trawiński; s. 249 (przykładowe sygnały z czujnika oleju) praca zbiorowa *Silniki pojazdów samochodowych*, Wydawnictwo Rea, Warszawa 2010; s. 250 (dwustykowy czujnik poziomu paliwa) G. Trawiński; s. 250 (schemat podłączenia trzystykowego czujnika poziomu paliwa) G. Trawiński; s. 252 (czujnik poziomu płynu hamulcowego) G. Trawiński; s. 253 (czujnik prędkości ruchu samochodu) G. Trawiński; s. 254 (sygnał prostokątny z czujnika prędkości ruchu) G. Trawiński; s. 258 (schemat układu ABS) program Esitronic; s. 259 (magnetorezystancyjny czujnik prędkości) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 259 (kontrola wieńca magnetycznego) G. Trawiński; s. 260 (impulsatory prędkości obrotowej) G. Trawiński; s. 261 (wyniki kontroli działania czujników prędkości) G. Trawiński; s. 262 (schemat podłączenia czujników indukcyjnych) G. Trawiński; s. 262 (schemat podłączenia czujników hallotronowych) G. Trawiński; s. 263 (schemat podłączenia czujników magnetorezystancyjnych) G. Trawiński; s. 264 (tester ATE) G. Trawiński; s. 264 (wyniki pomiarów testerem ATE) G. Trawiński; s. 266 (budowa czujnika optycznego skrzętu koła kierownicy) *Elektromechaniczne wspomaganie układu kierowniczego z dwoma zębnikami. Budowa i zasada działania*. Zeszyt do samodzielnego kształcenia nr 317, VW; s. 266 (budowa czujnika magneto rezystancyjnego skrzętu koła kierownicy) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 270 (lampki sygnalizacyjne układu SRS) G. Trawiński; s. 270 (zestyki zwierające złącz elektrycznych układu SRS) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 272 (wyniki kontroli układu SRS) G. Trawiński; s. 273 (schemat połączeń układu SRS) program Esitronic; s. 275 (układ wycieraczek z czujnikiem deszczu) G. Dyga; s. 276 (budowa czujnika deszczu i światła) *Czujniki w pojazdach samochodowych*, seria „Informator techniczny Bosch”, WKŁ, Warszawa 2002; s. 276 (schemat układu sterowania wycieraczkami z przerywaczem) G. Dyga; s. 278 (schemat elektronicznego układu sterowania wycieraczkami) G. Dyga; s. 282 (informacje o ciśnieniu w ogumieniu) G. Trawiński; s. 282 (elementy składowe układu TPMS) G. Dyga; s. 282 (czujnik ciśnienia w ogumieniu) Federal Mogul/Beru; s. 283 (rozmieszczenie elementów układu TPMS) G. Dyga; s. 284 (schemat elektryczny układu TPMS) G. Dyga; s. 285 (układ pomiaru ciśnienia bez rozpoznawania położenia koła) G. Dyga; s. 285 (schemat elektryczny układu pomiaru ciśnienia bez rozpoznawania położenia koła) G. Dyga; s. 286 (informacje o ciśnieniu na wyświetlaczu) Federal Mogul/Beru; s. 286 (miernik do pomiaru ciśnienia w ogumieniu) G. Trawiński; s. 287 (urządzenie do kontroli czujników układu TPMS) ATEQ; s. 290 (schemat obiegu powietrza w układzie klimatyzacji i ogrzewania wnętrza) opracowanie G. Trawiński; s. 290 (schemat obiegu czynnika chłodniczego) T. Hinz: *Układy klimatyzacji. Budowa i obsługa*, Poradnik Serwisowy nr 1/2009; s. 295 (charakterystyka czujnika ciśnienia chłodniczego) G. Trawiński; s. 296 (tester zaworu



elektromagnetycznego sprężarki) G. Trawiński; s. 302 (oznaczenia reflektora) *Podstawy wiedzy z zakresu technologii oświetleniowej. Zwięźle i praktycznie*, materiały firmy Hella; s. 309 (rodzaje odbłyśników reflektorów) *Podstawy wiedzy z zakresu technologii oświetleniowej. Zwięźle i praktycznie*, materiały firmy Hella; s. 311 (budowa lampy wyładowczej) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 312 (układ automatycznej regulacji zasięgu światła mijania) Hella; s. 313 (budowa diody elektroluminescencyjnej) Hella; s. 314 (wykrywanie zwarcia) G. Trawiński; s. 315 (wykrywanie przerwy w instalacji elektrycznej) G. Trawiński; s. 321 (schemat funkcjonalny instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 321 (schemat blokowy instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 322 (zestyki drzwiowe) G. Dyga; s. 322 (syrena alarmowa) G. Dyga; s. 322 (elementy kluczyka samochodowego) G. Dyga; s. 323 (instalacja alarmowa samochodu z ochroną szyb) G. Dyga; s. 324 (ochrona wnętrza samochodu za pomocą czujników ultradźwiękowych) G. Dyga; s. 324 (widok czujnika ultradźwiękowego) G. Trawiński; s. 324 (budowa czujnika ultradźwiękowego) A. Gajek, Z. Juda: *Czujniki*, WKŁ, Warszawa 2009; s. 325 (czujnik indukcyjny) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 325 (czujnik pojemnościowy pochylenia samochodu) A. Gajek, Z. Juda: *Czujniki*, WKŁ, Warszawa 2009; s. 326 (schemat instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 328 (zasada działania immobilizera) A. Herner, H. J. Riehl: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 328 (immobiliser z klawiaturą numeryczną) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 1. Kodowa blokada zapłonu koncernu PSA*, AutoElektro nr 149; s. 329 (przebieg komunikacji sterownik – immobilizer) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 1. Kodowa blokada zapłonu koncernu PSA*, AutoElektro nr 149; s. 329 (transpondery) G. Trawiński; s. 330 (antena nadawczo-odbiorcza immobilizera) G. Trawiński, s. 330 (wymian informacji sterownik – immobiliser) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 331 (komunikacja immobilizer – kluczyk elektroniczny) K. Pacholski: *Elektryczne i elektroniczne wyposażenie pojazdów samochodowych. Cz. 2*, WKŁ, Warszawa 2013; s. 332 (karta chipowa z czytnikiem) G. Trawiński; s. 333 (widok nastawnika zamka) G. Trawiński; s. 333 (budowa nastawnika zamka) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 334 (schemat elektryczny układu centralnego zamka) G. Dyga; s. 335 (nastawnik centralnego zamka z silnikiem blokującym) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 336 (układ elektryczny nastawnika) A. Herner, H.J. Riehl, *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, WKŁ, Warszawa 2011; s. 337 (schemat elektryczny układu centralnego zamka) G. Dyga; s. 340 (kontrola instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 340 (sprawdzanie zestyku instalacji alarmowej) G. Dyga; s. 341 (sprawdzanie czujnika kontaktronowego) G. Dyga; s. 341 (kontrola sterownika) G. Dyga; s. 342 (pomiar wykonywane na sterowniku) G. Dyga; s. 343 (pomiar rezystancji anteny nadawczo-odbiorczej immobilizera (G. Dyga); s. 344 (sygnały na pętli indukcyjnej) M. Pachowiak; *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 2. Wprowadzenie do identyfikacji radiowej*, AutoElektro nr 150; s. 344 (sygnały oscyloskopowe) M. Pachowiak: *Zabezpieczenia antykradzieżowe w pojazdach część 3. Architektura i akwizycja danych*, AutoElektro nr 151, s. 345 (kontrola silownika centralnego zamka) G. Dyga; s. 346 (kontrola silnika nastawnika centralnego zamka) G. Dyga; s. 351 (zespół silnika elektrycznego-generatora) Bosch; s. 352 (schemat ideowy pełnego układu hybrydowego) Bosch; s. 353 (schemat przykładowego układu hybrydowego) Petrók J.: *Toyota Prius II*, Autotechnika nr 6/2003; s. 354 (schemat instalacji elektrycznej o różnym poziomie napięcia) Bosch; s. 356 (informacje diagnostyczne) Toyota Żerań; s. 357 (przyrządy do pomiarów wysokonapięciowych)

Bosch (po lewej), Werther Polska (po prawej); s. 357 (zwora rozłączająca akumulatory wysokiego napięcia) G. Trawiński; s. 358 (informacje o stanie pracy napędu hybrydowego) G. Trawiński; s. 359 (dane kontrolne) Werther Polska; s. 361 (kask i rękawice elektroizolacyjne) G. Trawiński; s. 367 (przykładowe rodzaje sterowników) G. Dyga; s. 368 (działanie sterownika samochodowego) G. Dyga; s. 369 (przykładowe sterowniki samochodowe) G. Trawiński; s. 370 (elementy funkcjonalne sterownika) G. Dyga; s. 370 (elementy składowe sterownika) G. Trawiński; s. 371 (kości pamięci) G. Trawiński; s. 373 (schemat połączeń wewnętrznych mikrokontrolera) J. Watson: *Elektronika*, WKŁ, Warszawa 2006; s. 376 (kontrola sterownika ABS) G. Dyga; s. 378 (sposoby zasilania czujników) G. Dyga; s. 378 (schemat blokowy zasilania czujników) G. Dyga; s. 379 (schemat podłączenia sterownika silnika do instalacji pokładowej samochodu) G. Dyga; s. 380 (pomiar zasilania czujnika temperatury) G. Dyga; s. 381 (schemat podłączenia gniazda diagnostycznego) G. Dyga; s. 382 (schematy trybów pracy stopni wyjściowych sterownika) G. Dyga; s. 383 (kontrola pracy wtryskiwaczy) G. Dyga; s. 384 (przykładowe sygnały sterujące) G. Dyga; s. 389 i 390 (karta zlecenia serwis samochodowy AUTO-TECH; s. 393 i 394 (karta sprawdzenia elementu) G. Dyga.

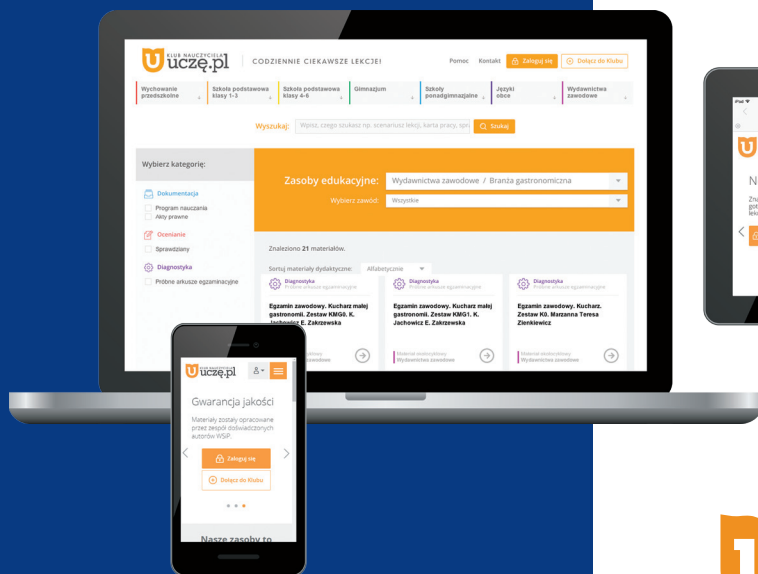
Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęły starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 29 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.

# Klub Nauczyciela **uczę.pl** cenną pomocą dydaktyczną!



## Co można znaleźć w Klubie Nauczyciela?

- podstawy programowe
- programy nauczania
- materiały metodyczne: rozkłady materiału, plany nauczania, plany wynikowe, scenariusze przykładowych lekcji
- materiały dydaktyczne i ćwiczeniowe
- klucze odpowiedzi do zeszytów ćwiczeń





System Certyfikacji Zawodowych WSiP

Profesjonalny i kompleksowy system kształcenia i certyfikacji  
w obszarze uczenia się przez całe życie – *lifelong learning*.

# Wyróżnij się zawodowo!

## Kursy:

- zawodowe
- języków obcych zawodowych (angielski, niemiecki)  
z różnych branż

## Walidacja i certyfikacja kompetencji zawodowych

- Zawody wpisane do Międzynarodowego Standardu Klasyfikacji Zawodów ISCO
- Umiejętności zawodowe najbardziej poszukiwane na rynku pracy w Polsce i Europie
- Najpopularniejsze branże i zawody
- Profesjonalne materiały edukacyjne opracowane przez lidera rynku publikacji zawodowych w Polsce
- Sieć akredytowanych placówek szkoleniowych i egzaminacyjnych
- Akredytowani wykładowcy i egzaminatorzy

Więcej informacji na stronie [www.certup.pl](http://www.certup.pl)



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555 |