

# **AUTOMATYKA POJAZDOWA**

## **Laboratorium nr 5: Sieci wymiany danych**

### **1 Cele ćwiczenia**

Celem zajęć jest zapoznanie się z jedną z typowych magistral komunikacyjnych stosowanych w motoryzacji, tj. CAN, LIN, MOST lub FlexRay.

### **2 Wymagane kwalifikacje osób realizujących ćwiczenie**

#### **2.1 Przygotowanie do zajęć**

Przed przystąpieniem do zajęć należy zaznajomić się z budową sieci CAN, sposobem przesyłania informacji, w jaki sposób definiowane są sygnały oraz wiadomości. Dodatkowo przed przystąpieniem ćwiczenia należy zapoznać się z instrukcją "CANoe Installation & Quick Start Guide" w szczególności należy zaznajomić się z treściami rozdziałów:

1. Preparations
2. Setting up the Bus
3. Transmitting Data
4. Working with Symbolic Data
5. Analysis of Signal Values in the Data Window
6. Creating a CAPL Program
7. Simulation of Distributed Systems in CANoe

W sposób szczególny należy zrealizować punkt 7 ponieważ jest w nim zawarty opis poszczególnych kroków jakie należy wykonać chcąc zasymulować rozproszony system w programie CANoe.

#### **2.2 Kryteria weryfikacji**

Przed rozpoczęciem laboratorium odbędzie się wstępna weryfikacja niezbędnych umiejętności, które student powinien opanować, aby poprawnie i w zadanym czasie wykonać ćwiczenie. Test weryfikujący będzie dotyczył znajomości zagadnień związanych z siecią typu CAN (np. sposoby nawiązywania połączeń, arbitraż, sygnały, wiadomości).

Tabela 1: Elementy testu weryfikacyjnego oraz stosowana punktacja: 0 - w przypadku braku lub niepoprawnej odpowiedzi, 1 - w przypadku częściowo poprawnej lub niepełnej odpowiedzi, 2 - w przypadku pełnej i poprawnej odpowiedzi.

| Element testu weryfikacyjnego | Punktacja  |
|-------------------------------|------------|
| Pytanie sprawdzające nr 1     | 0, 1 lub 2 |
| Pytanie sprawdzające nr 2     | 0, 1 lub 2 |
| Pytanie sprawdzające nr 3     | 0, 1 lub 2 |
| Pytanie sprawdzające nr 4     | 0, 1 lub 2 |
| Pytanie sprawdzające nr 5     | 0, 1 lub 2 |

Weryfikacja ma formę 5 pytań, które są zadawane przez Prowadzącego ćwiczenia danej grupie projektowej (zob. tab. 1). Brak poprawnej odpowiedzi przez grupę na zadane pytanie oznacza 0 punktów, częściowo poprawna lub niepełna odpowiedź oznacza 1 punkt, pełna i poprawna odpowiedź to 2 punkty. Warunkiem koniecznym dopuszczenia grupy do laboratorium jest uzyskanie przez nią 5 punktów na 10 możliwych. W przypadku niedopuszczenia grupy do zajęć, grupa przystępuje do ponownego wykonania tego samego ćwiczenia na kolejnych zajęciach włączając to test kwalifikacyjny.

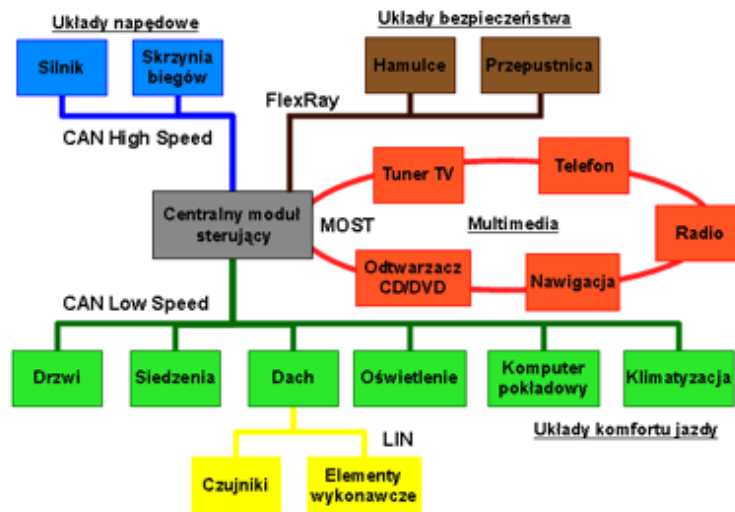
### 3 Opis stanowiska laboratoryjnego

Do wykonania ćwiczenia jest potrzebny komputer PC z systemem operacyjnym Windows oraz wersja demonstracyjna programu CANoe, którą można pobrać ze strony producenta <https://vector.com>. Wersja demo programu CANoe umożliwia symulowanie sieci z czterema niezależnymi węzłami sieci oraz nie działa ona z rzeczywistą siecią CAN. Pozostałe funkcje są takie same jak w wersji pełnej.

### 4 Wymagane informacje do realizacji ćwiczenia

Architektura elektryczno-elektroniczna współczesnego samochodu jest systemem rozproszonym. Składa się ona z szeregu układów mikroprocesorowych działających w czasie rzeczywistym. Układy te współpracują i komunikują się ze sobą w ściśle określony i kontrolowany sposób. Średniej klasy samochodów posiada około 30 różnych systemów mikroprocesorowych. W samochodach wyższej klasy liczba ta może dochodzić nawet do 100. Procentowy udział kosztu układów elektronicznych w całkowitej cenie samochodu wynosi obecnie około 30%, przy czym w samochodach o napędach hybrydowym i elektrycznych może on sięgać nawet 40%.

Cechą charakterystyczną współczesnych układów samochodowych jest powszechne wykorzystanie zaawansowanych technologii elektronicznej i informatycznej. Systemy mikroprocesorowe stanowią obecnie nieodłączny element podzespołów samochodowych zastępując dotychczasowe rozwiązania analogowe, mechaniczne i elektromechaniczne. Układy elektroniczne są stosunkowo



Rysunek 1: Schemat architektury współczesnego samochodu.

tanie, lekkie, zajmują mało miejsca, są łatwo konfigurowalne i niezawodne. Stanowią one doskonałą alternatywę w stosunku do tradycyjnych rozwiązań oraz nadążają za nowymi wymaganiami stawianymi przez współczesny rynek. Przykładowo, układy elektroniczne sprawdzają się bardzo dobrze w systemach sterujących, których istotnym elementem jest realizacja algorytmów w czasie rzeczywistym (np. sterowanie silnikiem, skrzynią biegów), i w systemach krytycznych ze względu na bezpieczeństwo (np. sterowanie układem hamulcowym i jezdny).

Współczesny moduł montowany w samochodach to specjalizowany układ elektroniczny wyposażony w oprogramowanie realizujące określoną funkcję oraz w interfejs zawierający elementy mechaniczne. Tego typu systemy określa się mianem systemów wbudowanych (ang. *embedded systems*). Realizacja sterowania odbywa się z reguły na niestandardowej platformie sprzętowej, która jest bardzo często skonstruowana i skonfigurowana specjalnie na potrzeby danego urządzenia. Tworzenie samochodowego wbudowanego układu elektronicznego wymaga dokładnego przeanalizowania wymagań, opracowania odpowiedniej architektury, stworzenia oprogramowania, testowania oprogramowania i całego systemu. Błędy w architekturze, oprogramowaniu i wykonaniu mogą być katastrofalne w skutkach. Każdy błąd czy zlekceważenie pewnych wymagań we wstępnych fazach projektu może wydłużyć czas trwania projektu, może prowadzić do zwiększenia kosztów realizacji projektu czy też nawet może prowadzić do niepowodzenia całego przedsięwzięcia. Złe decyzje projektowe pociągają za sobą często konieczność modyfikacji nie tylko oprogramowania, lecz także sprzętu. Typowy projekt wymaga zaangażowania wielu specjalistów działających pod okiem kierownika projektu. Są to inżynierowie systemowi, programiści, mechanicy, elektronicy, testerzy, kontrolerzy jakości i inżynierowie do spraw produkcji.

Magistrala CAN (ang. *Controller Area Network*) jest obecnie najczęściej wykorzystywaną magistralą komunikacyjną w przemyśle samochodowym. Wyróżnia się szybką sieć CAN (tzw. *High Speed CAN*), która służy do wymiany informacji pomiędzy modułami, które wymagają sygnałów szybkozmiennych i których stałe czasowe są rzędu kilku milisekund (np. moduł sterowania sil-

nikami, ABS, ESP, moduł sterowania skrzynią biegów). Do tzw. wolnej sieci CAN (*Low Speed CAN*) są podłączone układy, których aplikacje są mniej krytyczne pod względem czasowym (np. układy sterujące klimatyzacją, centralnym zamkiem, oświetleniem samochodu, itp.). Magistrala światłowodowa MOST (ang. *Media Oriented System Transport*) służy do wymiany informacji pomiędzy systemami multimedialnymi w samochodzie (np. radio, systemy nawigacji satelitarnej, telewizja samochodowa). Do komunikacji z czujnikami i urządzeniami wykonawczymi wykorzystuje się obecnie protokół LIN (ang. *Local Interconnect Network*). Magistrala FlexRay jest wykorzystywana w systemach krytycznych ze względu na bezpieczeństwo. W ostatnich latach do komunikacji pomiędzy poszczególnymi systemami producenci samochodów zaczynają wykorzystywać również standard Ethernet.

Kluczowym elementem systemu elektrycznego samochodu jest centralny moduł sterowania (ang. *Body Computer*). Używa on danych wejściowych zebranych z różnorodnych czujników (czujniki poziomu paliwa, deszczu, temperatury zewnętrznej), innych modułów elektronicznych i manipulatorów dostępnych dla użytkownika (zintegrowany przełącznik na kolumnie kierowniczej, przełącznik świateł, zdalny kluczyk). Dane wejściowe są wykorzystywane do realizacji funkcji związanych z zabezpieczeniem samochodu (immobilizer), ze zdalnym sterowaniem otwierania i zamykania zamka drzwi, ze sterowaniem zewnętrznymi światłami, wycieraczkami i spryskiwaczami szyb.

We współczesnym samochodzie zachodzi nieustanna wymiana danych pomiędzy poszczególnymi układami elektronicznymi. Część z tych danych jest przekazywana kierowcy za pomocą zintegrowanego zestawu wskaźników. Zestaw wskaźników zawiera niezbędne podczas jazdy informacje dla kierowcy, takie jak prędkość, poziom paliwa, obroty silnika, lampki ostrzegawcze. Centralny moduł sterowania w czasie swojej pracy nieustannie przeprowadza testy diagnostyczne, co umożliwia szybkie wykrycie i lokalizację uszkodzeń podłączonych układów i poinformowanie kierowcy o konieczności udania się do serwisu.

## 5 Przebieg ćwiczenia

Należy zasymulować działanie rozproszonego systemu wymiany informacji z wykorzystaniem sieci CAN. System ma składać się z dwóch węzłów oraz dwóch paneli wizualizacyjnych: ThrottlePANEL i EngineControlPANEL. Panel ThrottlePANEL powinien zawierać element umożliwiający płynne zadawanie wartości przepustnicy w zakresie od 0 do 2500 (0-przepustnica zamknięta, 2500 - przepustnica otwarta). Węzeł nr 1 musi odczytywać wartość tego sygnału i przeskalowywać go na zakres od 0 do 1 i wysyłać na magistralę CAN w wiadomości ThrottleMsg która zawiera następujące sygnały:

- ThrottleRawValue - wartość odczytana bezpośrednio z elementu zadającego
- ThrottleValue - przeskalowana wartość położenia przepustnicy.

Panel EngineControlPANEL powinien zawierać wskaźnik umożliwiający wyświetlanie obrotów silnika w zakresie od 0 do 2500. Węzeł nr 2 co 100ms powinien wywoływać procedurę wyznaczającą prędkość silnika w zależności od wartości sygnału ThrottleValue (wiadomość

ThrottleMsg). Dynamikę zmian obrotów silnika można w prosty sposób zasymulować dyskretnym równaniem:

$$x(k+1) = (1+ah)x(k) + bhu(k) \quad (1)$$

gdzie  $h$  – krok dyskretyzacji,  $a$ ,  $b$  – parametry silnika,  $x(k)$  – wartość prędkości obrotowej silnika,  $u(k)$  – wartość otwarcia przepustnicy. Do symulacji należy przyjąć parametry  $a = -0.5$ ,  $b = 0.75$ ,  $h = 0.1$ . Wyznaczona wartość prędkości obrotowej silnika ma być wysyłana w wiadomości EngineMsg która zawiera następujące sygnały:

- EnginSpeedRawValue - wyliczona wartość prędkości obrotowej silnika
- EnginSpeedValue - wartość prędkości obrotowej silnika pomnożona przez wartość 1500.

Panel EngineControlPANEL powinien na wskaźniku wyświetlać wartość sygnału EnginSpeedValue (wiadomość EngineMsg).

## 6 Sprawozdanie z realizacji ćwiczenia

### 6.1 Wymagania dotyczące sprawozdania

Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego powinno zawierać następujące elementy:

- A. Informacje o zespole realizującym ćwiczenie;
- B. Sformułowanie problemu;
- C. Sposób rozwiązania problemu;
- D. Wyniki przeprowadzonych analiz, symulacji, testów i eksperymentów;
- E. Wnioski.

Do wykonania sprawozdania należy wykorzystać szablon, który jest umieszczony na platformie e-learningowej Moodle. Informacje związane z każdym z elementów sprawozdania A-E powinny znaleźć się na tylko na jednej stronie zgodnie z przygotowanym szablonem. Przebieg i rezultaty ćwiczenia należy przedstawić w sposób jednocześnie zwarty ale na tyle bogaty w informacje, aby osoba przeglądająca sprawozdanie mogła na jego podstawie odtworzyć przebieg ćwiczenia. Każde sprawozdanie powinno łącznie zawierać pięć stron.

Sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych (jedno na grupę laboratoryjną) należy wysłać w postaci pliku PDF poprzez platformę e-learningową Moodle najpóźniej przed rozpoczęciem kolejnych zajęć. Plik ze sprawozdaniem należy nazwać zgodnie z poniższym schematem:

$$AP\_LXX\_RRRRMMDD\_HHMM\_GGY.pdf, \quad (2)$$

gdzie  $AP$  jest skrótem od nazwy przedmiotu Automatyki Pojazdowej,  $LXX$  oznacza numer ćwiczenia laboratoryjnego, np.  $L01$ ,  $L02$  itd,  $RRRRMMDD$  jest datą wykonania ćwiczenia, np.  $20190301$  co oznacza, że ćwiczenie zostało wykonane 1 marca 2019 roku,  $HHMM$  jest czasem rozpoczęcia ćwiczenia laboratoryjnego, np.  $1030$  co oznacza, że ćwiczenia laboratoryjne rozpoczęły się o godzinie 10:30,  $GGY$  oznacza numer grupy laboratoryjnej, np.  $G01$ ,  $G02$ ,  $G03$  lub  $G04$  – numery grup nadaje Prowadzący zajęcia.

Tabela 2: Elementy kryterium zaliczenia ćwiczenia oraz stosowana punktacja.

| Element testu weryfikacyjnego  | Punktacja  |
|--------------------------------|--|
| Punkty z testu weryfikacyjnego | 0 – w przypadku uzyskania przez grupę 5 lub 6 punktów w teście weryfikacyjnym; 1 – w przypadku uzyskania przez grupę 7 lub 8 punktów w teście weryfikacyjnym; 2 – w przypadku uzyskania przez grupę 9 lub 10 punktów w teście weryfikacyjnym   |
| Pytanie sprawdzające nr 1      | 0 – w przypadku braku lub niepoprawnej odpowiedzi; 1 – w przypadku częściowo poprawnej lub niepełnej odpowiedzi; 2 – w przypadku pełnej i poprawnej odpowiedzi   |
| Pytanie sprawdzające nr 2      | 0 – w przypadku braku lub niepoprawnej odpowiedzi; 1 – w przypadku częściowo poprawnej lub niepełnej odpowiedzi; 2 – w przypadku pełnej i poprawnej odpowiedzi   |
| Pytanie sprawdzające nr 3      | 0 – w przypadku braku lub niepoprawnej odpowiedzi; 1 – w przypadku częściowo poprawnej lub niepełnej odpowiedzi; 2 – w przypadku pełnej i poprawnej odpowiedzi   |
| Sprawozdanie z ćwiczenia       | 0 – brak sprawozdania w wyznaczonym terminie lub całkowicie błędne sprawozdanie pod względem redakcyjnym i merytorycznym; 1 – sprawozdanie jest częściowo poprawnie zredagowane lub zawiera niepełne wyniki; 2 – sprawozdanie jest poprawne pod względem redakcyjnym i zawiera poprawne wyniki |

## 6.2 Kryteria zaliczenia ćwiczenia

Tab. 2 przedstawia elementy składające się na kryterium zaliczenia ćwiczenia. W ramach każdego elementu kryterium można uzyskać 0, 1 lub 2 punkty. W sumie za w pełni poprawnie wykonane ćwiczenie laboratoryjne grupa (a tym samym każda osoba obecna i biorąca czynny udział w realizacji ćwiczenia) może otrzymać 10 punktów.

## Literatura

- [1] Magistrala can, część 1. *Elektronika Praktyczna*, 1, 2000.
- [2] Magistrala can, część 2. *Elektronika Praktyczna*, 2, 2000.
- [3] Magistrala can, część 3. *Elektronika Praktyczna*, 3, 2000.
- [4] Magistrala can, część 4. *Elektronika Praktyczna*, 4, 2000.
- [5] Magistrala can, część 5. *Elektronika Praktyczna*, 5, 2000.
- [6] Paweł Mol. Sieci can, część 1. *Elektronika Praktyczna*, 7(84–88), 2005.

- [7] Paweł Mol. Sieci can, część 2. *Elektronika Praktyczna*, 8(84–90), 2005.
- [8] Paweł Mol. Sieci can, część 3. *Elektronika Praktyczna*, 9(92–94), 2005.
- [9] D Rishvanth and K Ganesan. Design of an in-vehicle network (using lin can and flexray) gateway and its diagnostics using vector canoe. *American Journal of Signal Processing*, 1(2):40–45, 2011.
- [10] VECTOR. *CANoe Instalation Quick Start Guide*.