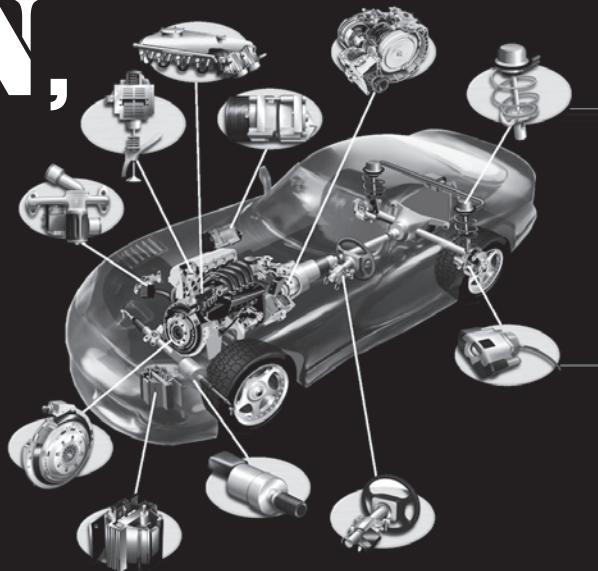


# SIECI CAN, część 2



W drugiej (przedostatniej) części artykułu przechodzimy do tematu pozornie odległego od CAN, zajmiemy się bowiem systemem LIN (Local Interconnect Network). Jak się jednak Czytelnicy przekonają, obu tym systemom komunikacyjnym dość blisko do siebie.

LIN (Local Interconnect Network) jest powstałym w 1998 roku standardem szeregowej transmisji jedno-przewodowej na niewielkie odległości z niskimi prędkościami, zaprojektowanym specjalnie do stosowania w rozproszonych systemach elektroniki samochodowej, przy szczególnym uwzględnieniu niskich kosztów jego zastosowania. Ma stanowić uzupełnienie szerokiej gamy sieci pokładowych, zwłaszcza do kontroli najmniejszych elementów sieci takich jak pojedyncze czujniki bądź moduły wykonawcze, w których stosowanie wydajniejszych sieci (np. CAN) nie ma uzasadnienia ekonomicznego.

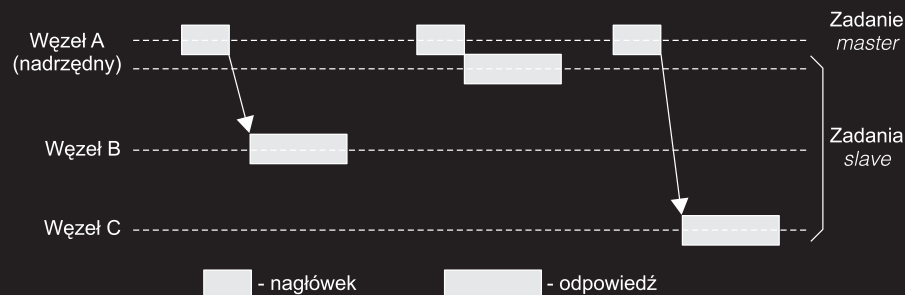
Potrzebę istnienia takiej usługi pokazała szybkość rozwoju i wdrożenia sieci LIN – już w 2001 roku była stosowana w seryjnych pojazdach, zaś dziś LIN Consortium – organizacja powołana do rozwoju i zarządzania standardem – na liście członków ma większość koncernów samochodowych (wymieniając tylko Audi, BMW, DaimlerChrysler, Volkswagen, Volvo, PSA Peugeot-Citroen, Renault, Toyota...) i wiele wielkich korporacji zajmujących się elektroniką (m.in. Atmel, Fujitsu Microelectronics, Infineon Technologies, MAXIM, Microchip Technology, Motorola, NEC Electronics, Philips Semiconductors, ST Microelectronics...).

Standard LIN w szybkim tempie stał się standardem de-facto, co pozwala oczekiwać szybkiego uznania przez instytucje standaryzujące.

Jego charakterystyczną cechą jest fakt, że definiuje zarówno protokół i medium transmisyjne, jak również interfejsy narzędzi deweloperskich oraz aplikacji. Zajmuje się również kwestią

## Wprowadzenie

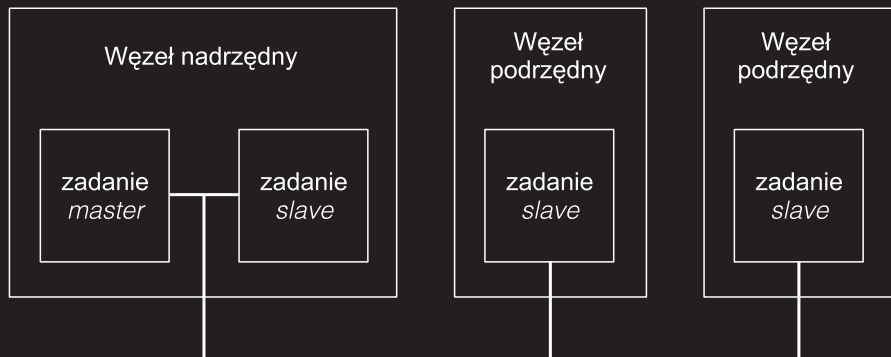
Najważniejsze cechy sieci LIN to:  
– transmisja jedнопzewodowa w oparciu o standard ISO 9141 (rozszerzony), z wykorzystaniem poziomów napięć zasilania;



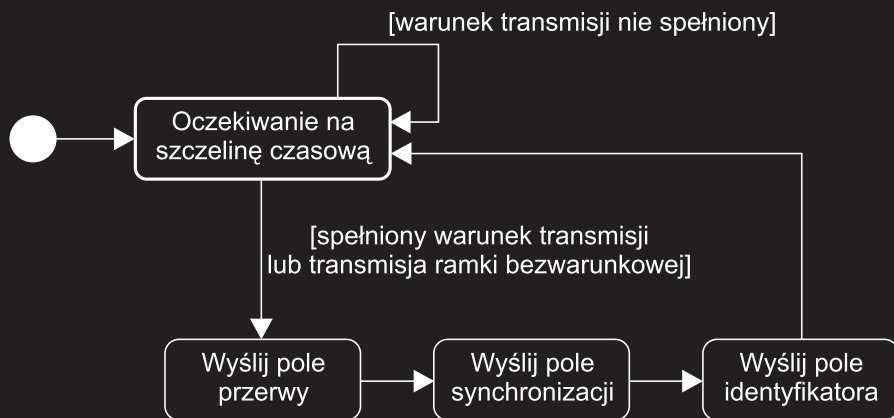
Rys. 2.

oddziaływania elektromagnetycznego z otoczeniem (co jest czasami kluczowe w silnie zakłóconym środowisku współczesnego samochodu). Wszystko to pozwala na szybkie i bezproblemowe tworzenie nowych produktów, począwszy od etapu projektowania, poprzez prototypowanie aż do produkcji i współpracy z innymi komponentami, również innych producentów.

- prędkość do 20 kb/s, wystarczająca dla wielu zastosowań, ograniczona ze względu na emisję elektromagnetyczną;
- idea *Single Master – Multiple Slave*, pozwalająca wykorzystać teoretycznie dowolną liczbę urządzeń podrzędnych, zaś zarządzanie magistralą pozostawiającą stacji nadrzędnej (brak konieczności arbitrażu dostępu do medium);
- implementacja bazująca na układach UART/SCI, spotykanych w większości współczesnych mikrokontrolerów dowolnej wielkości, co dramatycznie obniża koszt;
- w przypadku najprostszych (najtańszych) mikrokontrolerów bardzo łatwo uzyskać programową implementację obsługi transmisji;
- możliwość synchronizacji urządzeń podrzędnych za pomocą nagłówka wiadomości, co pozwala wyeliminować z nich re-



Rys. 1.



Rys. 3.

zonatory kwarcowe i ceramiczne, znacząco obniżając koszt ich produkcji;

- gwarancja czasów transmisji danych, co pozwala na zastosowanie w systemach czasu rzeczywistego.

Ze względu na fakt, że węzły sieci LIN nie używają żadnych informacji o konfiguracji systemu rozproszonego (z wyjątkiem węzła nadrzędnego – *Master*), dodatkowe urządzenia mogą być dołączane bez potrzeby jakichkolwiek zmian w pozostałych węzłach. Typowa sieć liczy sobie do 12 węzłów (głównie ze względu na niewielką długość identyfikatora ramki). Stosowane są najczęściej do łączenia małych czujników lub elementów wykonawczych w modułach funkcjonalnych samochodu, przykładowo czujnika położenia oraz silniczków sterujących w lusterku rozdzielczej.

### Wersje 1.3 i 2.0

Urządzenia LIN spotykane na rynku najczęściej są zgodne z wersją 1.2 standardu, wprowadzoną w listopadzie 2000 roku lub nowszą 1.3 z listopada 2002 roku (różnią się jedynie niewielkimi zmianami w warstwie fizycznej). Najnowszą wydaniem jest wersja 2.0 z września 2003 roku. Stanowi ona nadzbiór poprzednich wersji, wprowadzając udoskonalenia takie jak automatyczna negocjacja prędkości transmisji czy mechanizmy diagnostyczne oraz usuwając niedociągnięcia i problemy wynikłe w trakcie użytkowania sieci w poprzednich wydaniach. Został jednak zachowany duży stopień kompatybilności w dół i dzięki temu urządzenia podrzędne zgodnie z wersją 1.3 przy zachowaniu kilku warunków mogą być stosowane w sieciach z urządzeniem nadrzęd-

nym w wersji 2.0.

Dalsza część tekstu opisuje standard 1.3, odnotowując przy tym najważniejsze zmiany poczynione w wersji 2.0.

### Protokół transmisji

Każdy węzeł sieci LIN, w specyfikacji zwanej również klastrem LIN, zawiera w sobie zadanie *slave*, zaś węzeł nadrzędny dodatkowo zadanie *master* (rys. 1).

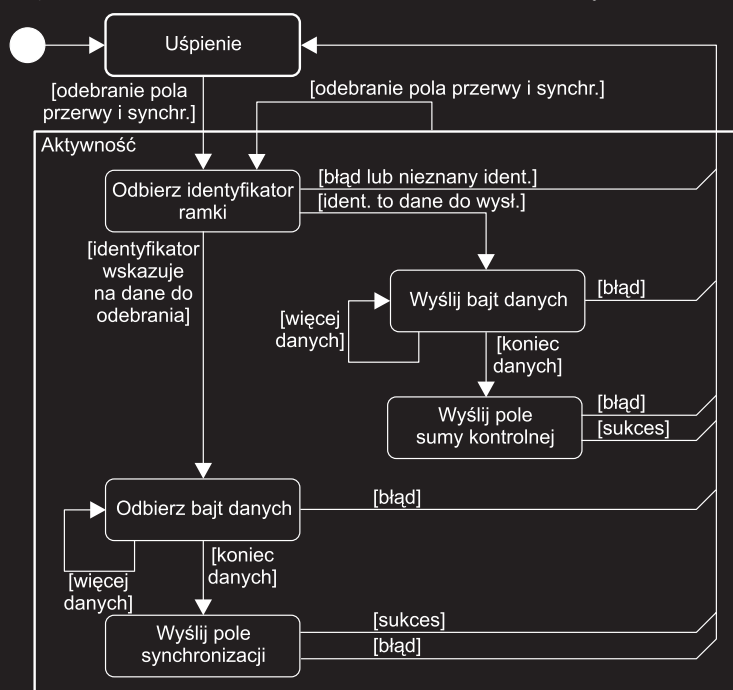
Każda transmisja inicjowana jest przez zadanie *master*, który wysyła nagłówek ramki, zawierający m.in. identyfikator wiadomości. Węzeł (może to być również ten sam węzeł nadrzędny), któremu przydzielony zostało zadanie serwowania danych odpowiadających danemu identyfikatorowi, odpowiada drugą częścią ramki, którą mogą odczytać wszystkie pozostałe węzły. Podobnie jak w sieciach CAN również tu identyfikator opisuje zawartość ramki, a nie nadawcę bądź adresata. Przykładowe zachowanie się sieci przedstawiono na rys. 2.

Cykl pracy zadania *master* bazuje na opisanych dalej harmonogramach transmisji i jest stosunkowo prosty – jego typowy przykład przedstawiono na rys. 3. Znacznie bardziej skomplikowane jest zachowanie zadania *slave*. Jego najważniejszy fragment – przetwarzanie ramki – przedstawiono na rys. 4. Przejście między głównymi stanami – uśpionym a aktywnym – jest wyzwalane przez detektor opisanej dalej sekwencji rozpoczynającej ramkę.

### Budowa ramki

Wszystkie dane (z wyjątkiem pierwszego pola – przerwy) są transmitowane w sposób identyczny jak w standardzie RS232C (przy znaku długości 8 bitów, jednym bicie stopu i bez bitów parzystości), począwszy od najmniej (LSB) do najbardziej (MSB) znaczącego bitu (rys. 5). Podobnie jak w sieciach CAN definiuje się dwie wartości bitu: dominujący (niski, 0) oraz recesywny (wysoki, 1).

Struktura ramki przedstawiono na rys. 6. Nagłówek (generowany zawsze przez zadanie *master* w węzle nadrzędnym) rozpoczyna się przerwą (*break*) – polem złożonym z min. 13 bitów dominujących, wliczając w to bit startu. Po nich następuje odstęp (*break delimiter*) na poziomie recesywnym, trwający co najmniej jeden bit.



Rys. 4.



## Co miesiąc w Magazynie INTERNET:

- Najbardziej aktualne informacje o globalnej sieci komputerowej
- Porady praktyczne dla początkujących i zaawansowanych
- Opisy najnowszych technologii
- Kursy dla webmasterów
- Przegląd niezbędnego oprogramowania
- Artykuły, które pomogą Twojej firmie lepiej wykorzystać Internet, uniknąć zagrożeń i zaoszczędzić pieniądze
- Opisy ciekawych zastosowań Internetu
- Porady dotyczące wyszukiwania informacji



## W numerze 8/2005 m.in.:

- Gry sieciowe: poradnik gracza, najlepsze gry multiplayer, płatne serwisy dla fanów itd.
- Internetowy magnetowid, czyli jak nagrywać do pliku transmisje strumieniowe audio/wideo
- Głęboki internet – Google wszystkiego nie znajdzie!
- Legalna muzyka z sieci – poradnik praktyczny

Magazyn INTERNET można nabyć we wszystkich EMPIK-ach i większych kioskach z prasą. Wszelkich informacji udziela  
**Dział Prenumeraty:**  
 tel. (22) 568-99-22, faks (22) 568-99-00  
 e-mail: prenumerata@avt.com.pl  
 01-939 Warszawa, ul. Burleska 9

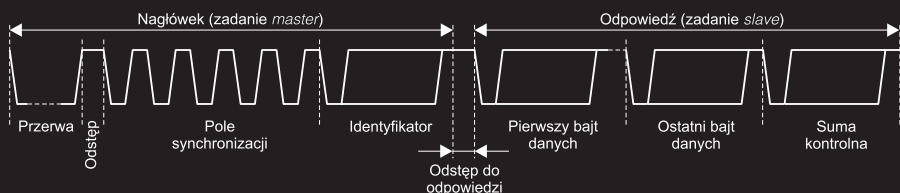


Rys. 5.

Następnie wysyłany jest pole synchronizacji (*synch byte*), będące bajtem o wartości 0x55. Węzły podrzędne nie używające rezonatorów kwarcowych czy ceramicznych mogą wykorzystać pięć zboczy opadających tego pola do synchronizacji z węzłem nadrzędnym. Mierząc odstęp między opadającym zboczem rozpoczynającym bit start a zboczem opadającym bitu siódmego, a następnie dzieląc otrzymaną wartość przez 8 (co łatwo wykonać przesuwając trzykrotnie rejestr w prawo) oblicza się czas trwania pojedynczego bitu,

kacji LIN w wersji 1.3) lub diagnostycznych (w wersji 2.0);  
 – identyfikatory 0x3e (62) i 0x3f (63) są przeznaczone do wykorzystania w zastosowaniach wykraczających poza obecną specyfikację LIN określonych przez użytkownika (0x3e) lub LIN Consortium (0x3f) i zachowania kompatybilności z przyszłymi wersjami.

Dodatkowo wersja 1.1 wykorzystuje dwa ostatnie bity identyfikatora do określenia długości danych przekazywanych w odpowiedzi przez zadanie slave. Ich znaczenie przed-



Rys. 6.

który należy wykorzystać przy dekodowaniu dalszej części ramki.

Sekwencja tych dwóch początkowych pól może być zawsze wykryta przez zadania *slave*, które nawet będąc w trakcie oczekiwania na inne dane (np. niedokończoną ramkę) powinny je przerwać i rozpocząć przetwarzanie nowej transmisji.

Kolejnym polem nagłówka jest identyfikator, zwany również identyfikatorem chronionym (*protected identifier*). Jego budowę przedstawiono na rys. 7 – składa się z 6 bitów oznaczających identyfikator wiadomości oraz obliczanych z nich 2 bitów parzystości zgodnie z równaniami sum modulo 2:

$$\$P0 = ID0 \oplus ID1 \oplus ID2 \oplus ID3 \oplus ID4 \oplus ID5$$

$$\$P1 = \overline{ID1 \oplus ID3 \oplus ID4 \oplus ID5}$$

Identyfikator może przyjmować wartości od 0x00 do 0x3f (63 decimalnie), przy czym 4 ostatnie są zarezerwowane dla ramek specjalnych:

- identyfikatory 0x3c (60) i 0x3d (61) są używane do przenoszenia danych sterujących (wg. specyfi-

stawia tab. 1. Wersja 1.3 standardu uznaje tę właściwość za opcjonalną, zaś w wersji 2.0 te uzależnienia zostały pominięte i przyjęto, że węzły muszą znać długość danych odpowiadających identyfikatorom wiadomości obecnych w sieci.

Druga część ramki – odpowiedź – może być wygenerowana przez każdy z węzłów sieci w odpowiedzi na nagłówek zawierający identyfikator, którego obsługę został mu przypisana. Składa się z ciągu jednego do ośmiu bajtów danych (najmniej znaczący bit jako pierwszy, tzw. Little – endian).

Ramkę kończy pole zawierające sumę kontrolną. W wersji 1.3 standardu obliczana jest jako odwrócona suma bitowa z przeniesieniem pól danych przesłanych wcześniej. Wersja 2.0 do obliczeń włącza również pole identyfikatora (i określa to sumą kontrolną rozszerzoną), ale pozwala również na stosowanie metody pierwotnej, określanej jako klasyczna suma kontrolna.

**Paweł Moll**



Rys. 7.