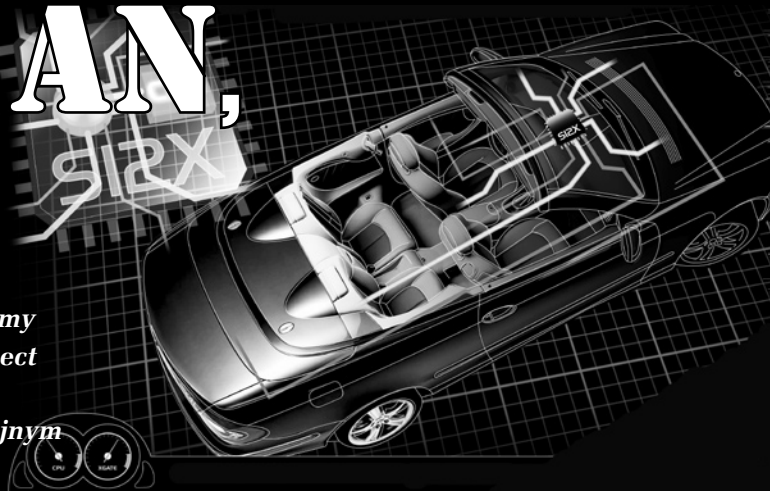


SIECI CAN,

część 3

W trzeciej 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.



Sygnaly

Sygnalem określaną jest wartość przekazywana w polu danych ramki. Ramka może nieść jednocześnie informację o kilku sygnałach (gdy tylko mieszczą się w polu danych). Sygnał przedstawia wielkość przechowywaną przez dokładnie jeden z węzłów klastra (np. temperaturę mierzoną przez moduł termometru). Dovolna ilość węzłów może odbierać i przetwarzać te informacje.

Wersja 2.0 specyfikuje typy sygnałów, które można wykorzystać. Są to:

- wartość logiczna (*boolean signal*), będąca jednobitowym skalarom;
- liczba całkowita bez znaku (*unsigned integer*) – skalar o długości 2 do 16 bitów;
- tablica bajtów (*byte array*), o rozmiarze od 1 do 8 bajtów (interpretacja zawartości, w szczególności kolejność starszeństwa bajtów wykracza poza specyfikację).

Istotnym szczegółom, o którym należy pamiętać przy projektowaniu oprogramowania węzłów jest konieczność atomowego odświeżania sygnałów – niedopuszczalne jest wysłanie częściowo nieprawidłowej wartości. Sytuacja taka może wystąpić np. w trakcie wpisywania danych do tablicy, gdy jej transmisja rozpocznie się w środku tej operacji.

Harmonogramy transmisji

Jedną z kluczowych cech protokołu LIN jest zastosowanie tabel harmonogramu (*schedule table*) transmisji. Zapobiegają one przeciążeniu magistrali oraz umożliwiają realizację założeń dostępu do informacji w przewidywalnym czasie maksymalnym, czyli podstawowych założeń systemów czasu rzeczywistego. Pozwalają również zapewnić cykliczne przekazywanie danych sygnału.

Determinizm jest realizowany przez scentralizowane sterowanie dostępem do sieci przez węzeł nadrzędny. Projektant definiuje cyklicznie powtarzany zestaw szczelin czasowych (slotów), w trakcie których inicjowana jest transmisja pojedynczej ramki. Standard definiuje trzy rodzaje ramek danych (o identyfikatorach z zakresu od 0x00 do 0x3b):

- ramki bezwarunkowe (*unconditional frame*) – cyklicznie transmitowane dane sygnałów, odpowiedź jest zawsze wysłana przez właściwy węzeł i rejestrowana przez wszystkie węzły zainteresowane;
- ramki wyzwalane zdarzeniem (*event triggered frame*) – definiowana aby nie zajmować wielu szczelin czasowych w harmonogramie dla rzadko transmitowanych informacji; na wysłany przez węzeł nagłówek takiej wiadomości może nie zostać wysłana odpowiedź (gdy żadne zdarzenie nie wystąpiło), może też nastąpić kolizja, która w następnych szczelinach na takie ramki musi być rozwiązana przez węzeł nadrzędny metodą indywidualnego odpytywania;
- ramki sporadyczne (*sporadic frame*) – wprowadzony przez wersję 2.0 specyfikacji w celu dodania elementów dynamicznych do deterministycznego i ukierunkowanego na działanie w czasie rzeczywistym harmonogramowania w sieciach LIN; wysyłany zawsze (w szczelinie przeznaczony dla tego rodzaju ramek) gdy uaktualniona została wartość sygnału (odwzorowującego pewne zjawisko w systemie)jej odpowiadającej.

Szczeliny powinny mieć rozmiar długość pozwalającą na przeprowadzenie transmisji najdłuższej moż-

LIN (*Local Interconnect Network*) jest powstałym w 1998 roku standardem szeregowej transmisji jedнопроводowej 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.

liwej ramki (wliczając w to odstęp między nagłówkiem a odpowiedzią). Wartość ta jest określona jako 140% nominalnego czasu trwania ramki $T_{Frame_Nominal}$, przy czym:

$$T_{Frame_Nominal} = T_{Header_Nominal} + T_{Response_Nominal}$$

$$T_{Header_Nominal} = 34 \cdot T_{Bit}$$

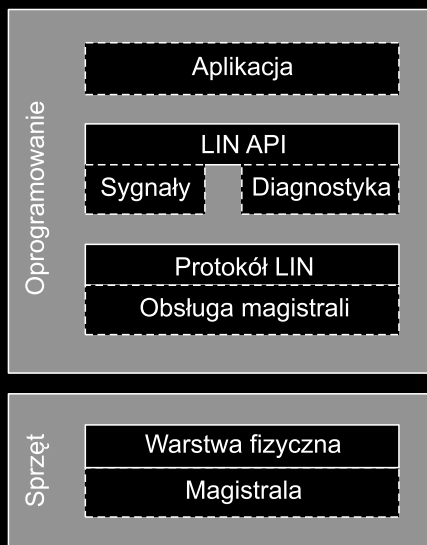
$T_{Response_Nominal} = 10 \cdot (N_{Data} + 1) \cdot T_{Bit}$
gdzie T_{Bit} oznacza czas transmisji jednego bitu przy wybranej prędkości, zaś N_{Data} to największa długość danych przekazywanych w systemie.

Zarządzanie siecią

Zarządzanie siecią w klastrze LIN określone w standardzie sprowadza się do usypiania i przywracania węzłów sieci. Pozostałe zagadnienia pozostają w gestii projektanta aplikacji.

Wszystkie węzły podrzędne mogą być wprowadzone w stan usypienia, który ma zapewniać zmniejszony pobór mocy, poprzez wysłanie przez węzeł nadrzędny ramki sterującej (diagnostycznej wg. wersji 2.0) o identyfikatorze 0x3c i pierwszym bajcie danych równym 0x00. Dodatkowo specyfikacja 2.0 mówi, że mogą wejść w stan usypienia same, po 4 s braku aktywności na magistrali.

Sygnalem przywracania (budzenia) jest wymuszenie na magistrali bitu dominującego na okres 250



Rys. 8.

mikrosekund do 5 ms. Pozostałe węzły (włącznie z nadrzędnym) powinny wykrywać impulsy dominujące trwające dłużej niż 150 μs i być gotowe do otrzymania informacji po maks. 100 ms. Jeżeli węzeł generujący sygnał pobudzenia po 150 ms nie zauważy wznowienia pracy (generowania nagłówków zgodnie z harmonogramem) węzła nadrzędnego, może ponowić żądanie. Po trzech nieudanych powinien odczekać 1,5 s przed ponowną próbą.

Obsługa błędów

Protokół LIN zawiera mechanizmy wykrywające błędy zarówno w nagłówku jak i w odpowiedzi ramki, jednakże nie określa sposobu na automatyczne powiadomianie o przekłamanach i retransmisji danych. Węzeł nadrzędny jest odpowiedzialny za sprawdzanie i obsługę takich sytuacji.

Nie jest również zdefiniowana procedura potwierdzania poprawnie odebranych wiadomości. Węzeł nadrzędny porównuje jedynie dane wysłane przez siebie z faktycznym stanem magistrali. W przypadku zgodności zakłada poprawną transmisję ramki, w przeciwnym razie może ją retransmitować. Gdy błąd wykryje węzeł podrzędny powinien zapamiętać tę sytuację i poinformować o niej na żądanie.

Określono następujące rodzaje błędów, które powinny być wykrywane i obsługiwane przez węzły sieci:

- błąd bitowy – wykrywany przez węzeł nadający dane, gdy stan magistrali jest różny od wysyłanego bitu;
- błąd sumy kontrolnej – wystę-

puje w przypadku niezgodności sumy otrzymanej w ramce i obliczonej lokalnie;

- błąd parzystości identyfikatora – przy różnicach w parzystości obliczonej i otrzymanej;
- brak odpowiedzi – występuje gdy na magistrali nie pojawi się pełna odpowiedź do nagłówka wysłanego przez węzeł nadrzędny;
- błąd pola synchronizacji – przy wykroczeniu odstępów między zboczami synchronizacyjnymi poza tolerowaną długość;
- fizyczny błąd magistrali – wykrywany przez węzeł nadrzędny, w przypadku braku możliwości wysłania poprawnej ramki (np. w przypadku zwarcia magistrali do masy lub napięcia zasilającego).

Warstwa fizyczna

Specyfikacja warstwy fizycznej sieci LIN w wersji 1.3 została uznana za przestarzałą i zalecane jest używanie definicji w wersji 2.0, na podstawie której został przygotowany niniejszy punkt.

Wymagania dotyczące stabilności zegarów węzłów sieci przedstawiają się następująco:

- w węźle nadrzędnym: $\frac{\Delta F}{F_{nom}} < \pm 0,5\%$
- w węźle podrzędnym nie korzystającym z pola synchronizacji w ramce: $\frac{\Delta F}{F_{nom}} < \pm 1,5\%$
- w węźle podrzędnym przed synchronizacją na podstawie ramki: $\frac{\Delta F}{F_{nom}} < \pm 14\%$

- w węźle podrzędnym po synchronizacji (na czas transmisji kompletnej ramki):

$$\frac{\Delta F}{F_{nom}} < \pm 2\%$$

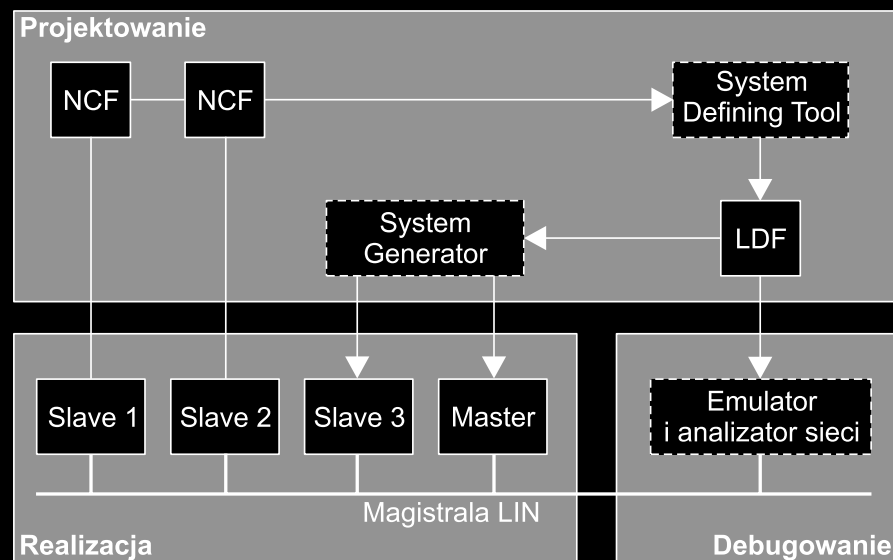
Magistrala może mieć długość 40 metrów, zaś pojemności węzłów powinny być tak dobrane, aby stała czasowa całej sieci wynosiła od 1 do 5 μs. Układy interfejsów są zasilane napięciem Vbat o napięciu od 8 do 18 V i mogą wygenerować swoje wewnętrzne napięcie zasilające Vsup o napięciu w zakresie 7 do 18 V. Napięcie graniczne jakie urządzenie powinno wytrzymać bez uszkodzenia do 40 V.

Poziomy logiczne odczytywane lub generowane na magistrali przez układ interfejsu określane są w stosunku do napięcia Vsup. Itak jako bit recesywny będzie uznawany sygnał o napięciu powyżej 60% Vsup, zaś dominujący poniżej 40% tej wartości.

Ważne jest, aby urządzenia podłączone do sieci spełniały wymagania normy IEC 1000-4-2:1995 w zakresie odporności na wyładowania elektrostatyczne (dla aplikacji samochodowych wymagany poziom jest odporność na przepięcia do 8000 V na złączach modułu).

Narzędzia projektowe

Od początku definiowania standardu duży nacisk położono na określenie, obok protokołu komunikacyjnego, również wysoce zstandaryzowanego łańcucha projektowo-rozwojowego urządzeń mających pracować w sieciach LIN, współpracujących często z komponentami innych producentów.



Rys. 9.

Kluczowym elementem tego procesu są pliki opisowe LIN (LIN Description File, LDF). Zawierają kompletny opis zachowania i działania sieci (czy też klastra) LIN. Tworzone mogą być ręcznie lub za pomocą narzędzia System Defining Tool pobierającego opisy właściwości poszczególnych węzłów sieci opisane językiem (pojawił się on w wersji 2.0 opisu standardu) LIN Configuration Language. Pliki opisujące węzły (Node Capability Files, NCF) zawierają definicję dopuszczalnych prędkości transmisji, sygnały i wiadomości obsługiwane przez urządzenie.

Drugim ważnym elementem strategii jest idea warstwowej budowy węzła (rys. 8), w którym zagadnienia komunikacji i protokołu są ukryte dla aplikacji poprzez zestaw funkcji

API (zdefiniowanego w języku C). Gotowe szkielety oprogramowania węzłów mogą być generowane z plików LDF dzięki narzędziu System Generator. Z plików tych uzyskuje się też informacje niezbędne w trakcie uruchamiania i analizy sieci (jak również jej emulacji). Przy ich tworzeniu można również bazować na plikach NCF. Na rys. 9 pokazano przykładowy cykl projektowy.

Przyjęcie takich zasad budowy urządzeń i sieci, np. dostarczając z każdym produkowanym modułem opisujący go plik NCF, można będzie bardzo szybko projektować, integrować i rozwijać systemy oparte o standard LIN, zaś ich zachowanie zacznie mieć znamiona technologii Plug-and-Play. Wersja 2.0 specyfikacji dodatkowo to ułatwia, wprowa-

dzając ustandaryzowane mechanizmy konfiguracji i diagnostyki klastra, wliczając w to sposób opisu możliwości i zadań węzła sieci (pobieranych przez węzeł nadrzędny podczas inicjalizacji przyłączanego modułu).

Paweł Moll

Źródła informacji

Specyfikacje LIN w wersjach 1.3 i 2.0 są dostępne bezpłatnie (wymagają jednak zarejestrowania się) na stronie LIN Consortium – www.lin-subbus.org. Dużo informacji znaleźć można w notach aplikacyjnych dotyczących układów przeznaczonych do współpracy z magistralą LIN, m.in. w notach „AVR308: Software LIN Slave” i „LIN Protocol Implementation on the T89C51CC03” dostępnych na stronie www.atmel.com.

Już czas na **CAN/LIN**

Oferujemy kompleksowe dostawy podzespołów do samochodowych i przemysłowych aplikacji CAN i LIN największych światowych producentów.

**Freescale
Microchip
ON Semiconductor
Philips
STM**

FUTURE ELECTRONICS POLAND
Making the Difference

FUTURE ELECTRONICS POLSKA Sp. z o.o.
ul. Pantofelna 9, 03-704 Warszawa,
tel.: (22) 6168202, fax: (22) 6168060

Pełna informacja techniczna
dostępna na naszej stronie
www.futureelectronics.com

nanoWatt
64KB CAN™

**PEŁNA PALETA ROZWIĄZAŃ CAN I LIN,
LAN, USB DOSTĘPNA Z MAGAZYNU**

GAMMA

GAMMA Sp. z o.o.
01-013 Warszawa, ul. Kacza 6 lok. A
tel.: (22) 8627500, fax: (22) 8627501
e-mail: info@gamma.pl, www.gamma.pl

Jesteś elektronikiem? Masz napęd DVD?

Ale nie masz płyty DVD z kompletnym archiwum 12 lat *Elektroniki Praktycznej!*

Płyta dostępna w cenie 60 zł*. Cena dla prenumeratorów - 10 zł.

* plus koszty wysyłki