



Interfejs CAN – podstawy (3)

Elektronizacja naszego otoczenia wymusza powstawanie coraz to nowych metod komunikacji pomiędzy urządzeniami je tworzącymi. Interfejs CAN był odpowiedzią na wymogi systemów elektronicznych stosowanych w różnego rodzaju pojazdach, w tym także samochodach. Dziś nie ma pojazdu bez CAN-a, w ten interfejs są wyposażane nawet ciągniki rolnicze. Powoli nadchodzi era nowego, szybszego od CAN interfejsu FlexRay, ale CAN jeszcze długo będzie „żył” w różnorodnych aplikacjach.

W interfejsie CAN zastosowano szereg mechanizmów odpowiedzialnych za wykrywanie błędów. Są to:

1. Sprawdzanie wartości bitów wysyłanych na magistralę
Każdy węzeł monitoruje magistralę CAN w celu odbierania wiadomości nadanych przez inne węzły, jak również w celu wykrywania kolizji podczas nadawania przez siebie wiadomości. Mechanizm ten może posłużyć również do sprawdzania poprawności kodowania wysyłanej wiadomości. Gdy węzeł wystawia na magistrali bit dominujący, a odczytuje bit recesywny (lub odwrotnie – wystawia bit recesywny, a odczytuje dominujący), generowany jest błąd.
2. Sprawdzanie poprawności formatu wiadomości
Każda ramka ma określony format, co oznacza, że wewnątrz niej muszą występować określone w specyfikacji pola. Wartość niektórych pól również jest z góry ustalona. Jeśli format ramki będzie niezgodny ze specyfikacją, wygenerowany zostanie błąd.

3. Suma kontrolna (CRC)

Węzeł przed wysłaniem wiadomości oblicza dla niej sumę kontrolną, której wartość umieszczana jest w dedykowanym polu ramki. Węzeł odbierający ponownie oblicza sumę kontrolną i sprawdza czy jej wartość zgadza się z wartością odczytaną z pola CRC wiadomości. Jeśli wartości są różne, generowany jest błąd.

4. Potwierdzenie otrzymania wiadomości
Węzeł wysyłający wiadomość może oczekiwać na potwierdzenie otrzymania wiadomości od co najmniej jednego węzła, który wiadomość odebrał. Jeśli odpowiedź nie nadejdzie, wygenerowany zostanie błąd.
5. Błąd wielokrotności tej samej wartości bitu
Jeśli w ramce wykryte zostanie występowanie więcej niż pięciu kolejnych bitów o tej samej wartości, wygenerowany zostanie błąd.

CAN – warstwa aplikacji

Brak zdefiniowanej warstwy siódmej stwarza możliwość jej implementacji zgodnie z indywidualnymi

widzialnymi zapotrzebowaniami i konkretnymi zastosowaniami danej sieci. Istnieje obecnie wiele gotowych protokołów wykorzystujących warstwę aplikacyjną standardu CAN. Główne z nich wymieniono w tabeli 2. Znajdują one zastosowanie w różnorodnych dziedzinach przemysłu.

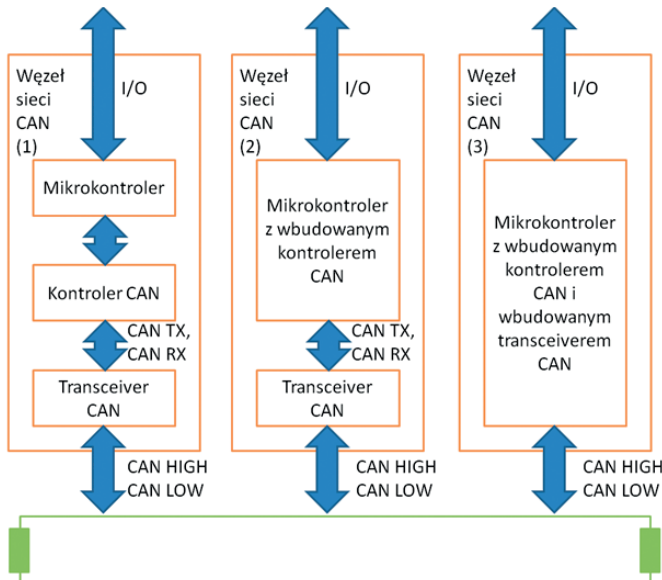
Metody budowy węzłów CAN

Na przestrzeni lat wykształciły się trzy różne koncepcje budowy autonomicznego węzła transmisyjnego sieci CAN. Każda koncepcja wymaga zastosowania co najmniej trzech podstawowych modułów funkcjonalnych: układu mikrokontrolera, kontrolera CAN i transceiwera (układu nadawczo-odbiorczego) CAN. Jednocześnie każda z tych koncepcji różni się liczbą wymaganych układów scalonych. Poniżej przedstawiono podstawową konstrukcję węzła CAN według każdej z koncepcji:

- Koncepcja nr 1 (trzy układy scalone): mikrokontroler z zewnętrznym kontrolerem CAN i zewnętrznym transceiverem CAN,

Tab. 2. Protokoły warstwy 7 oparte na standardzie CAN

Nazwa protokołu	Główne obszary wykorzystania
NMEA 2000	Statki
J1939	Pojazdy kołowe
DeviceNet	Zastosowanie przemysłowe np. fabryki
CANopen	Systemy wbudowane
ISOBUS	Maszyny rolnicze
MILCAN	Zastosowania wojskowe



Rysunek 9. Trzy różne koncepcje budowy węzła CAN

- Koncepcja nr 2 (dwa układy scalone): mikrokontroler z wbudowanym kontrolerem CAN i zewnętrznym transceiverem CAN,
- Koncepcja nr 3 (jeden układ scalony): mikrokontroler z wbudowanym kontrolerem CAN i wbudowanym transceiverem CAN.

Graficzne przedstawienie tych koncepcji zilustrowano na **rysunku 9**. W ramach każdego schematu pokazano wzajemne relacje pomiędzy wewnętrznymi modułami funkcjonalnymi węzła, jak również relacje pomiędzy węzłem a jego otoczeniem. Wewnątrz węzła znajdują się wymienione wcześniej elementy (mikrokontroler, kontroler CAN i transceiver CAN), natomiast w odniesieniu do środowiska zewnętrznego węzeł CAN powinien posiadać funkcjonalność komunikowania się w standardzie CAN i zarazem komunikowania się z zewnętrznymi układami/urządzeniami peryferyjnymi np. czujnikami, układami pamięci, obwodami sterowania, modułami wykonawczymi itp.

Chronologicznie najnowszą z metod budowy węzłów CAN przedstawia koncepcja nr 3. Firma NXP Semiconductors, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom odnośnie coraz większej miniaturyzacji układów scalonych, coraz większej integracji bloków funkcjonalnych w układach scalonych, a jednocześnie coraz mniejszemu zużyciu prądu, opracowała mikrokontrolery, które oprócz klasycznych zasobów spotykanych w większości współczesnych mikrokontrolerów, posiadają zintegrowany zarówno kontroler CAN i transceiver CAN. Są to jedyne obecne na rynku układy o takiej funkcjonalności. Opracowana rodzina mikrokontrolerów firmy NXP to układy noszące nazwę LPC11C22/24. Są to mikrokontrolery bazujące na rdzeniu ARM Cortex-M0, który może pracować z częstotliwością taktowania do 50 MHz włącznie. Układ został wyposażony w pamięć (Flash

do 32 kB, SRAM do 8 kB), peryferia cyfrowe (liczniki, linie I/O, Watchdog, moduł zarządzania energią, blok zegarowy), peryferia analogowe (przetwornik A/C) oraz interfejsy komunikacyjne SPI, I2C, UART i CAN (wspomniany kontroler i transceiver). Dodatkowo mikrokontrolery są wyposażone w pamięć ROM, w której przechowywane są sterowniki dla warstwy 7 CAN – protokołu CANopen. Dzięki takiej

konstrukcji układów LPC11C22/24, podstawowy węzeł CAN może składać się z zaledwie jednego układu scalonego, którym jest przedstawiony mikrokontroler.

Starszą, jednak najpowszechniej spotykaną obecnie metodę budowy węzłów CAN przedstawia koncepcja nr 2. Według niej węzeł CAN jest zbudowany z dwóch układów scalonych: mikrokontrolera posiadającego zintegrowany kontroler CAN i zewnętrznego transceiwera CAN. Ze względu na popularność tego rozwiązania, na rynku obecnych jest wiele mikrokontrolerów z wbudowanym kontrolerem CAN, jak również transceiwerów CAN. Do pierwszej grupy można zaliczyć między innymi mikrokontrolery tak popularnych firm jak Atmel (AT90CAN, AT32UC3C, SAM7X/XC), Microchip (PIC18, PIC24, PIC32, dsPIC30, dsPIC33), Freescale (Coldfire, Kinetis), Infineon (XMC4000) i wiele innych. Transceiwery CAN to również popularne układy, które produkowane są między innymi przez firmy Microchip (MCP2551), NXP (TJA1040), Texas Instruments (SN65HVD230), Maxim (MAX3058).

Najstarszą metodą budowy węzłów CAN jest koncepcja nr 1. Przewiduje ona wykorzystanie trzech układów scalonych: mikrokontrolera, kontrolera CAN oraz transceiwera CAN. Stosowany w tym wariant mikrokontroler nie musi spełniać żadnych specjalnych kryteriów. Może być to układ każdego producenta, o dowolnej architekturze, wydajności, zasobach wewnętrznych i innych parametrach użytkowych. Taka dowolność jest możliwa, gdyż komunikacja między mikrokontrolerem a kontrolerem CAN zachodzi przy wykorzystaniu linii ogólnego przeznaczenia (interfejs równoległy) lub interfejsu szeregowego (np. SPI), który jeśli nie jest obecny fizycznie w mikrokontrolerze, może zostać w łatwy sposób zaimplementowany programowo. Jeśli chodzi o kontroler CAN,

to do najchętniej wykorzystywanych przez projektantów systemów należą SJA1000 firmy NXP oraz MCP2515 firmy Microchip. Trzeci wymagany układ, a więc transceiver CAN, to układ o takiej samej konstrukcji jak w poprzednim scenariuszu (koncepcja nr 2), więc w tym wariantcie może zostać z powodzeniem zastosowany jeden z wcześniej wymienionych układów.

Podsumowanie

W ramach podsumowania warto wymienić największe zalety technologii CAN. Są to:

- łatwości implementacji – zdefiniowane przez CAN warstwy nr 1 i 2 modelu OSI/ISO są zaimplementowane w układach scalonych odpowiedzialnych za realizację transmisji zgodnej z tym standardem. Deweloper oprogramowania musi napisać tylko API (*Application Programming Interface*) umożliwiające konfigurację parametrów pracy (filtry, maski, prędkość transmisji), wysyłanie wiadomości i odbieranie wiadomości,
- niski koszt realizacji – zbudowanie węzła CAN możliwe jest już za pomocą jednego, dwóch lub trzech układów scalonych (w zależności od przyjętej koncepcji budowy węzła CAN), natomiast medium transmisyjnym może być dowolny kabel dwużyłowy zakończony z każdej strony rezystorem terminującym 120 Ohm,
- niezawodność – transmisję CAN cechuje:
 - odporność na zakłócenia uzyskana dzięki reprezentowaniu bitów wiadomości za pomocą sygnału różnicowego,
 - wysoka wykrywalność błędów dzięki stosowaniu licznych mechanizmów detekcji błędów.
- duży zasięg transmisji – do 10 km.
- wysoka prędkość transmisji (do 1 Mbit/s) pozwalająca na komunikację w czasie zbliżonym do rzeczywistego.
- elastyczność stosowania – model komunikacji *multi-master* pozwala wykorzystywać CAN do realizacji różnorodnych aplikacji o charakterze przemysłowym, w tym np. systemów sieciowych z rozproszonym sterowaniem.
- szeroki wybór układów elektronicznych CAN (mikrokontrolerów, kontrolerów CAN, transceiwerów CAN).

Szymon Panecki

Literatura

- [1] <http://goo.gl/prRUV3>
- [2] *An Overview of Controller Area Network (CAN) Technology, Machine Bus Corporation, 2003*
- [3] *Introduction to the Controller Area Network (CAN), Texas Instruments, 2008*
- [4] <http://goo.gl/bXyIrA>