

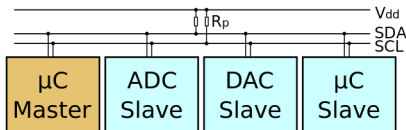
Systemy wbudowane - wykład do samodzielnego opracowania I²C i ProfiBus

Przemek Błaśkiewicz

15 kwietnia 2020

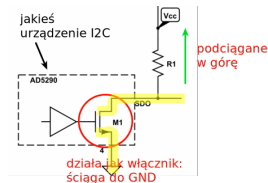
I²C aka IIC

- Inter-Integrated Circuit (connection)
 - łączy układy scalone w zakresie płytki (systemu)
 - tam, gdzie prędkość nie jest krytyczna
- używa dwóch linii przesyłowych i wykorzystuje architekturę multi-master/multi-slave
- jednostki mają adres (7 lub 10 bitów)
- typowe transfery 100 kbit/s (standard), 10 kbit/s (low speed), ale dowolne przepływności (do 3.4Mbps w ostatniej specyfikacji)
- liczba urządzeń na magistrali ograniczona adresacją i pojemnością (elektryczną) linii
 - im więcej urządzeń, tym trudniej zmieniać stan elektryczny linii



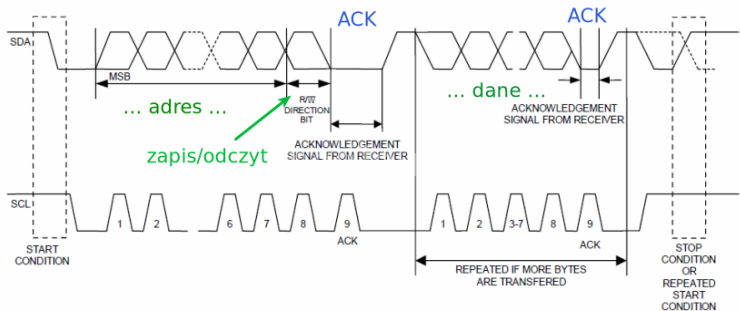
I2C - fizyczność

- V_{cc} (zasilanie) to typowo 3.3 lub 5V (stan Hi), stan Lo to GND
- Na liniach SCL (zegar) i SDA (dane) zastosowano rezystory pull-up:
 - linia, na której nikt nie nadaje (pływająca) ma stan Hi, każde urządzenie może ją „ściągnąć” do GND (Lo).
 - stan Lo (GND) jest dominujący (zob. CAN ♠)
- Na linii SCL - *clock stretching*:
 - jeśli slave nie nadaje (bo... ♠)
 - może przytrzymać SCL przy GND („rozciągnąć” trwanie taktu)
- Na linii dla SDA - *arbitraż*
 - nadające urządzenia monitorują czy SDA jest takie, jak się spodziewają
 - jeśli nie, to znaczy, że ktoś inny nadaje



- ① Master wysyła bit START oraz 7 (10) bitów adresu slave
- ② Master wysyła bit 0 lub 1 (chęć pisania lub czytania slave)
- ③ Slave odpowiada (jeśli jest) bitem ACK
→ ACK to bit 0 - musi być wymuszony na SDA
- ④ Dane są przesyłane (MSB najpierw)
→ bajt po bajcie, każdy bajt jest ACK-owany

I2C – timing



- START: SCL ustalone na Hi oraz SDA przejście 1 → 0
- STOP: SCL ustalone na Hi oraz SDA przejście 0 → 1
- bity danych: SCL ustalone na Hi a SDA ustalone na dany bit
- powtórny START: bit START powtórzony po danych, bez STOP
- bit ACK : odbiorca wysłała bit 0
- bit NACK : odbiorca wysłała bit 1 (normalny stan na linii!)
 - gdy odbiorcą jest master: już nie chcę więcej czytać od slave
 - gdy odbiorcą jest slave: nie mogę czytać, nie ma mnie, nie rozumiem;

♠ Pobierz kartę katalogową dla urządzenia Si5351A/B/C-B firmy Silicon Labs. Przeanalizuj obsługę protokołu I²C w tym urządzeniu (str. 18-19).

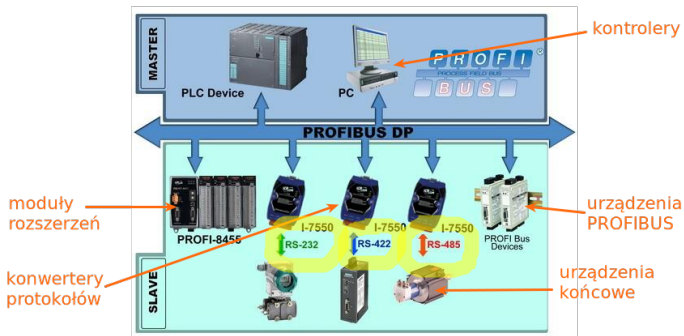
♠ Poszukaj w Sieci, do czego używa się tego układu scalonego.

Dotychczasowe protokoły były proste, wewnątrz-układowe i/lub popularne w tzw. elektronice użytkowej (no, może z wyłączeniem CAN). Dla kontrastu napomknę tutaj o jednym z przemysłowych protokołów komunikacyjnych. Jest on b. rozbudowany a jego szczegóły zupełnie nie przystają do treści tego wykładu. Zwrócę jednak uwagę na kilka (ciekawych?) zagadnień: synchronizację czasu w sieci, obsługę tzw. *token-ring*u i jednobitowych zabezpieczeń przed zaginionymi wiadomościami.

Więcej dokładnych informacji nt. PROFIBUSa można znaleźć np. pod adresem www.felser.ch/profibus-manual .

PROcess Field BUS

- Protokół szeregowego połączenia wielu urządzeń
- Znacznie większe odległości (np. urządzenia produkcyjne)
- *Przemysłowy* standard ISO 7498
- Określony dla warstw 1, 2 i 7 (PHY, MAC, APP)
- Definiuje usługi przetwarzania danych i kontrolowania urządzeń



Master:

- kontroluje ruch magistrali
- może być kilka → token passing
- trzy klasy:
 - ① kontrolery, sterowniki, PC-ty
 - ② ukł. sieciowe (wdrażanie, kontrola i utrzymanie)
 - ③ główny zegar, synchronizuje sieć

Slave:

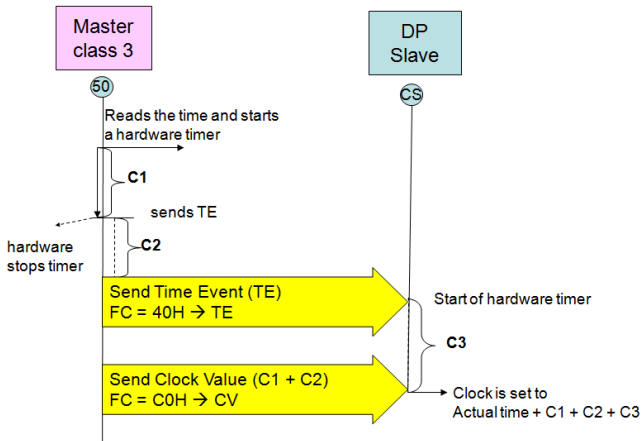
- urządzenia I/O, czujniki, aktywatory (silniki, siłowniki...)
- odpowiadają tylko na żądanie mastera
- prostsze w implementacji

- Każde urządzenie na magistrali posiada *adres* – 1-bajtową liczbę, wykorzystywaną do kierowania komunikacji, ale też do rozwiązywania problemu wielodostępu (o tym dalej):
- Urządzenia **master** mają niskie adresy (1 ... n)
- Urządzenia **slave** dysponują pozostałą pulą
- Adres 126 (0x7E) – adres dla urządzeń o zmiennym adresie
- Adres 127 (0x7F) – adres rozgłoszeniowy (broadcast)
- Urządzenia typu repeater, interfejsy FO (światłowodowe) są przezroczyste

Ze względu na swoją heterogeniczną strukturę, dostępne są następujące schematy (profile) przesyłania danych:

- Send Data, No ACK (zarządzanie, utrzymanie sieci)
- Send Data, ACK (między masterami)
- Send Data, Request Data (master ↔ slave)
- Cyclic Send Data, Request Data (okresowe odpytywanie: polling)
- Send and Request Data, Broadcast Response
 - paradygmat *publish-subscribe*
- Clock Sync

Synchronizacja zegara



www.felser.ch/profibus-manual/

♠ Przeanalizuj ten protokół. Dodaj drugi DP Slave tak, że Master może się z nim komunikować tylko za pośrednictwem pierwszego DP Slave. Jak teraz zsynchronizujesz czas w rygorze MAC profibus (nast. slajd)?

MAC – warstwa dostępową

- Tylko **master** posiadający żeton (token) inicjuje komunikację
- Żeton jest przekazywany w kierunku wyższych adresów po określonym czasie
 - Każdy master cyklicznie odpytuje urządzenia master, tworząc listę aktywnych urządzeń w ringu
 - Nowy master może wtedy się zgłosić do ringu, a ten, który już w nim jest – potwierdzić swój status czekania na żeton
 - Po upływie slotu czasu, aktywny master przekazuje żeton do kolejnego aktywnego, oczekującego w ringu mastera.
 - Jeśli minie ustalony czas i żeton się nie pojawi w sieci, każdy master ustawia timer: $6 \cdot T_{sl} + 2n \cdot T_{sl}$ i pierwszy, który „obudzi się”, rozpoczyna proces budowania ringu od nowa
→ programatory mają adres $n = 0$
- Każda stacja liczy czas do powrotu żetonu (jeśli jest mniejszy, niż ustalony próg - może nadawać)
- ♠ Zobacz dokładniejszy opis, a szczególnie towarzyszący mu obrazek na <https://www.felser.ch/profibus-manual/zustandsmaschine.html>

Ramki danych

Standard definiuje różne rodzaje ramek (jak w CAN), w zależności od profilu transmisji (por. slajd FDL – warstwa danych).

no data	SD1	dst	src	FC	crc	ED				
data1	SD2	len	len	SD2	dst	src	FC	data	crc	ED
data2	SD3	dst	src	FC	data	crc	ED			
żeton	SD4	dst	src							
ACK	SC									

- SDx (start delim): nagłówek opisujący rodzaj transmisji, SC (short confirmation), ED (end delimiter)
 - FC – *function code*
 - zawiera opis schematu przesyłania danych lub (zwrótnie) kod błędu;
 - zawiera bity FCB (ustawiany na 0 przy pierwszej wymianie informacji i na 1 przy kolejnych) i FCB (frame count bit) – odwracany po każdej (czyli zakończonej ACK) wymianie.
- ♠ Co daje taki jeden bit?