

Przemysłowe łącza szeregowo.

Wstęp

Wśród łączy komunikacyjnych kablowych można wyróżnić dwa rodzaje: łącza równoległe i szeregowo. Łącza równoległe wykorzystuje się głównie do połączenia na bardzo niewielkich odległościach. Np.: pomiędzy modułami rozszerzeń lokalnych PLC. Wśród bardziej znanych interfejsów równoległych znajduje się łącza PCI, ATA, łącze równoległe drukarki.

Wadami łączy równoległych są:

- duży koszt okablowania,
- przesłuchy pomiędzy kanałami,
- problemy z ekranowaniem
- zniekształcenia wynikające z różnego czasu przebycia sygnału wewnątrz i na zewnątrz taśmy

Łącza szeregowo charakteryzują się zwykle mniejszą szybkością przesyłu danych, jednakże większą odpornością na zakłócenia a co za tym idzie możliwą większą odległością na którą dane mogą być przesyłane. Najbardziej znane łącza szeregowo, to: RS232C, USB, Ethernet (10/100BASE T), SATA.

Należy zwrócić uwagę, że specyfikacja warstwy fizycznej łącza może odnosić się w różnym stopniu do modelu ISO/OSI i choć zwykle obejmuje okablowanie, poziomy napięcie, prądów, wymagania co do stromości narastania i poziomu oscylacji w przebiegach prostokątnych, to może także rozszerzać się do opisu ramki danych, zabezpieczeń przed niepoprawnym przekazaniem danych itp.

Wśród łączy wykorzystywanych w przemyśle znajdują się interfejsy, RS232C, RS422A, RS485 i inne.

Łącze RS-232C

Ogólna charakterystyka standardu RS 232-C

Standard RS-232 (Recommended Standard) został wprowadzony w 1962 roku przez Electronic Industries Association (EIA) w celu normalizacji interfejsu pomiędzy urządzeniem końcowym dla danych (DTE - Data Terminal Equipment) a urządzeniem komunikacyjnym dla danych (DCE - Data Communication Equipment). Celem było stworzenie interfejsu pomiędzy terminalem komputerowym (urządzeniem DTE) a modemem (urządzeniem DCE), to standard ten okazał się zdalny do transmisji danych pomiędzy różnymi typami urządzeń DTE (np. pomiędzy dwoma komputerami). W sierpniu 1969 roku EIA wprowadziło zrewidowaną normę oznaczoną RS-232C, która prezentuje powszechnie akceptowany sposób transmisji danych na nieduże odległości (do 15 m), z niewielką szybkością (do 20 kbitów/s), przez niesymetryczne łącze.

W standardzie RS-232C definiuje się dwa rodzaje transmisji:

- asynchroniczna transmisja znakowa
- transmisja synchroniczna

Najczęściej wykorzystywana asynchroniczna transmisja znakowa polega na przesyłaniu pojedynczych znaków (ramek danych), które posiadają ściśle określony format. Początek znaku stanowi bit startu, jałowy z punktu widzenia przesyłanej informacji i służący jedynie celom synchronizacyjnym i uaktywnieniu odbiornika. Dalej następuje zwykle 8-śmio bitowe pole danych, przesyłane począwszy od bitu najmniej znaczącego (Lower Significant Bit). Bezpośrednio za polem danych przewidziano bit kontrolny, służący zabezpieczeniu informacji znajdującej się na polu danych. Jest to bit, który może ale nie musi wystąpić. Transmitowany znak kończy jeden lub dwa bity stopu. Zdefiniowany powyżej zespół bitów tworzy ramkę danych której format i przebieg przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Ramka danych przy transmisji asynchronicznej.

W ramach takiej jednostki informacyjnej bity przesyłane są zgodnie z taktem zegara nadajnika. Odstęp czasowy pomiędzy takimi ramkami jest dowolny.

Szybkość transmisji określa się w bodach ($1 \text{ bd} = 1 \text{ bit/s}$). Typowe wartości szybkości transmisji przy asynchronicznej transmisji znakowej wynoszą: 1200, 2400, 4800, 9600bd, 19200bd

Przy asynchronicznej transmisji znakowej wymagane jest żeby zarówno urządzenia sieciowe miały zdefiniowaną tą samą częstotliwość pracy. Ze względu na małą długość jednostki informacyjnej, niewielka różnica częstotliwości generatorów taktu w nadajniku i odbiorniku nie powoduje błędnego odbioru znaków. Zdecydowanie większy wpływ na błędy w odbiorze mają zakłócenia elektromagnetyczne.

Wspomniany bit kontrolny jest najczęściej bitem parzystości, którego stan określa się według jednej z dwóch zasad:

- kontrola parzystości (even parity),
- kontrola nieparzystości (odd parity).

Kontrola parzystości polega na sprawdzeniu ilości jedynek na polu danych i ustawieniu bitu kontrolnego na "1", w przypadku nieparzystej ilości jedynek, lub na "0" w przypadku parzystej ilości jedynek. W przypadku kontroli nieparzystości, bit ustawiany jest odwrotnie. Należy zwrócić uwagę na to, że jeżeli przekłamanie będzie np. dwa bity, to kontrola parzystości zawiedzie.

Sygnały

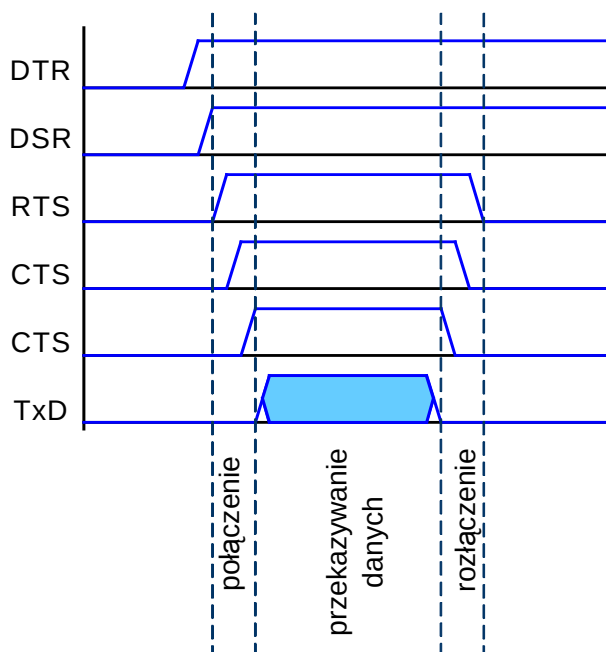
RS-232 wykorzystuje gniazda typu DB25 (już niespotykane), oraz DB9. W komputerach klasy PC wyprowadzenia RS-232C wyglądają następująco.

Tab. 1. Organizacja wyprowadzeń na złączach interfejsu RS-232C			
Numer wyprowadzenia w złączu:		Nazwa obwodu zgodnie z standardem	Najczęściej używane oznaczenie wraz z określeniem zgodnym z PN-75/T-05052
25-styk	9-styk		
1		AA	PG (Masa ochronna)
2	3	BA	TxD (Dane nadawane)
3	2	BB	RxD (Dane odbierane)
4	7	CA	RTS (Żądanie nadawania)
5	8	CB	CTS (Gotowość do nadawania)
6	6	CC	DSR (Gotowość DCE)
7	5	AB	SG (Masa sygnałowa)
8	1	CF	DCD,RLSD (Poziom sygnału odbieranego)
9		-	Zarezerwowane do celów diagnostycznych
10		-	Zarezerwowane do celów diagnostycznych
11			Nie wykorzystany
12		SCF	SRLSD (Poziom sygnału odbieranego w kanale powrotnym)
13		SCB	SCTS (Gotowość kanału powrotnego)
14		SBA	STxD (Dane nadawane w kanale powrotnym)
15		DB	Podstawa czasu z DCE dla elementów nadawanych
16		SBB	SRxD (Dane odbierane w kanale powrotnym)
17		DD	Elementowa podstawa czasu wytwarzana w DCE
18			Nie wykorzystany
19		SCA	SRTS (Żądanie nadawania w kanale powrotnym)
20	4	CD	DTR (Gotowość DTE)
21		CG	Jakość sygnału odbieranego)
22	9	CE	RI (Wskaźnik wywołania)
23		CH/CI	Wybór szybkości transmisji przez DTE
24		DA	Podstawa czasu z DTE dla elementów nadawanych
25			Nie wykorzystany

Poszczególne linie sygnałowe łącza mają następujące znaczenie:

- TxD (Transmitted Data) – dane przesyłane do DCE lub DTE
- RxD (Received Data): odbiór danych z DCE lub DTE
- RTS (Request To Send) urządzenie DTE (terminal, PC) sygnalizuje tą linią zamiar przekazywania danych do DCE (modemu). Modem przygotowuje się do odbioru danych.
- CTS (Clear To Send) linią tą przesyłane jest potwierdzenie przyjęcia sygnału RTS przez DCE (modem) i stwierdzenie gotowości do odbioru danych od DTE. DCE może rozpocząć przekazywanie danych.
- DSR (Data Set Ready) specyfikacja RS-232C określa ten sygnał jako meldunek urządzenia DCE (zwykle modemu), że zostało nawiązane połączenie i układ jest gotów do przyjęcia danych od DTE (zwykle komputera).
- DTR (Data Terminal Ready) sygnał ten wskazuje na gotowość urządzenia DTE (komputera). Sygnał powinien pozostawać aktywny przez cały czas trwania połączenia.
- DCD (Data Carrier Detect) modem (DCE) sygnalizuje tą linią odbiór fali nośnej, co oznacza, że druga strona jest w trakcie nawiązywania połączenia. Sygnał DCD pozostaje aktywny przez cały czas trwania transmisji.
- RI (Ring Indicator) w przypadku połączenia modemów przez sieć telefoniczną urządzenie DTE (komputer) informowane jest o odebraniu sygnału odpowiadającego wywołaniu abonenta (dzwonieniu).
- DSRD (Data Signal Rate Detector) linia ta występuje tylko w 25-końcówkowej wersji łącza. Umożliwia dostosowanie się korespondentów do jednej z dwóch możliwych prędkości transmisji. Z sygnału tego mogą korzystać obie strony połączenia.

Rysunek 2 przedstawia zachowanie się sygnałów sterujących interfejsu w trakcie uruchamiania urządzeń DTE i DCE, nawiązywania połączenia, w czasie jego trwania oraz rozłączenia.



Rysunek 2. Sygnały sterujące w czasie nawiązywania połączenia, przekazywania danych i rozłączania.

Tryby przesyłania danych

Łącze szeregowe może teoretycznie pracować w jednym z trzech trybów: simpleksowym, półdupleksowym i dwukierunkowym.

Tryb simpleksowy

Łącze skonfigurowane jest na stałe na jeden z możliwych kierunków transmisji: DTE → DCE lub DCE → DTE. W przypadku pierwszym, DTE wykorzystuje wówczas wyłącznie linię TxD. Odpowiednie sygnały sterujące są zwykle ustawione na stałe i jedynie sygnał DTR z komputera jest zwykle wykorzystywany do włączania, wyłączania modemu.

Tryb półdupleksowy

Spośród wszystkich trybów ten w systemach przemysłowych wykorzystywany jest najczęściej, także z wykorzystaniem innych łącz niż RS232.

W tym trybie danych zarówno DCE jak i DTE mogą nadawać (i odbierać). Możliwe jest to za pomocą naprzemiennego wykorzystania kanału danych RxD, TxD. Wyjścia TxD każdego z urządzeń połączone są z wejściami RxD partnera (tzw. cross.). Wybór aktualnego kierunku transmisji dokonywany jest za pomoce sygnałów RTS-CTS. Urządzenie chcące wystawić dane aktywuje sygnał RTS i czeka na potwierdzenie (CTS), następnie zaczyna nadawać. Pozostałe sygnały zachowują swoje naturalne znaczenie, tzn. modem może aktywować linię DCD chcąc przekazywać dane do komputera, DSR oznacza trwały kontakt z korespondentem (drugim modemem), zaś DTR może służyć do włączania i wyłączania modemu.

Tryb duplexowy

Dane mogą być przekazywane pomiędzy DTE i DCE jednocześnie w obydwu kierunkach. Kanał logiczny połączenia otwarty jest stale w obie strony, a sygnały RTS/CTS nie mają znaczenia; są one albo niepodłączone albo stale aktywne. Pozostałe sygnały działają naturalnie.

Połączenia bezmodemowe pomiędzy urządzeniami w interfejsie RS232C

RS-232C jest standardowym interfejsem szeregowym mikrokomputerów i został opracowany głównie do połączeń między nimi z użyciem modemu. Powstaje pytanie, czy tylko do tego się nadaje. W przypadku gdy np.: komputer stoi obok, lub chcemy się połączyć z zupełnie innym urządzeniem wykorzystanie modemu jest bezsensowne. Poniżej rozpatrzona zostanie współpraca dwóch urządzeń DTE przez interfejs RS-232C bez pośrednictwa modemów.

Można sobie wyobrazić, że na przeciwko siebie znalazły się dwa złącza interfejsu RS-232C, z których każde należy do przyporządkowanego mu komputera. Zadanie polega na takim połączeniu ich wyprowadzeń, aby komputer 1 widział komputer 2 jako modem i

odwrotnie. Kabel do połączenia dwóch stacji typu DTE nazywa się kablem modemu zerowego (null-modem cable) ponieważ eliminuje konieczność zastosowania modemów.

Połączenie mas PG i SG jest oczywiste. Sygnały przekazujące dane łączymy ze sobą wzajemnie: TxD urządzenia pierwszego do RxD urządzenia drugiego i odwrotnie. Pozostają do podłączenia sygnały sterujące. Do dyspozycji są tylko sygnały DTE, trzeba więc wykorzystać je do emulacji sygnałów będących sygnałami z modemu. DTR jest sygnałem świadczącym o załączeniu terminala oraz wykorzystywanym do utrzymania połączenia. Natomiast DSR (sygnał modemu) informuje o istnieniu połączenia pomiędzy stacjami. Zatem sygnał DTR komputera 1 należy wprowadzić na wejście DSR komputera 2, a sygnał DTR komputera 2 na wejście DSR komputera 1. W takim przypadku znaczenie DTR jest szersze, bowiem spełnia on dodatkowo rolę DSR. Jeżeli stacja zostanie wyłączona, to jej sygnał DTR zaniknie i na drugim końcu linii zabraknie sygnału DSR, co świadczy o przerwaniu połączenia.

Za sterowanie transmisją danych w systemie "z modemem" odpowiedzialne są sygnały RTS, DCD i CTS. Z tej trójki tylko RTS jest sygnałem DTE, pozostałe dwa pochodzą z DCE i muszą być emulowane, jeżeli połączenie dotyczy dwóch urządzeń DTE. Skoro RTS oznacza chęć wysłania danych, a CTS zezwolenie na transmisję, to połączenie RTS z CTS (w obrębie tej samej stacji) daje natychmiastowy dostęp do łącza po załączeniu RTS. Powiadomienie o tym fakcie stacji współpracującej polega na wyprowadzeniu sygnału RTS na jej wejście DCD. Połączenie takie umożliwia sprawdzenie zajętości łącza przed uaktywnieniem sygnału RTS. Podobnie, zwarte wyprowadzenia RTS i CTS na złączu urządzenia drugiego należy połączyć z wyprowadzeniem DCD złącza urządzenia pierwszego. Podane połączenia spełniają wymagania związane ze sterowaniem wymianą danych zarówno przy transmisji półdupleksowej jak i duplexowej. Na rysunku 3 przedstawiono organizację kabla modemu zerowego przy transmisji asynchronicznej (wtyczka DB25).

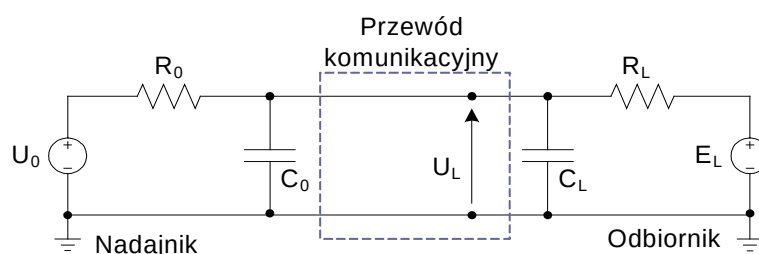
Rodzaj sygnału	Funkcja	Nr styku	Nr styku	Funkcja
Masa	PG	1	1	PG
Masa	SG	7	7	SG
Dane	TxD	2	2	TxD
Dane	RxD	3	3	RxD
Sterowanie	RTS	4	4	RTS
Sterowanie	CTS	5	5	CTS
Sterowanie	DCD/RLSD	8	8	DCD/RLSD
Sterowanie	DSR	6	6	DSR
Sterowanie	DTR	20	20	DTR

Rysunek 3. Kabel modemu zerowego dla transmisji asynchronicznej

Jak widać, w najbardziej szerokiej konfiguracji łącza, musimy wykorzystać aż 7 przewodów oraz ekran

Parametry elektryczne sygnałów w łączy RS-232C

Na rysunku 4. przedstawiono schemat zastępczy "obwodu stykowego", który stanowi, obwód złożony ze źródła sygnału, toru transmisyjnego i odbiornika. Taki obwód odpowiada każdemu sygnałowi wyjściowemu na złączu urządzenia nr 1 (DTE lub DCE), połączonemu przewodem z wejściem na złączu urządzenia nr 2 (DTE lub DCE). Parametry elektryczne zdefiniowano przy założeniu, że szybkość transmisji nie przekracza 20 kbd.



Rysunek 4. Układ zastępczy obwodu stykowego

U_0 , R_0 , C_0 reprezentują odpowiednio siłę elektromotoryczną źródła, jego rezystancję i pojemność wyjściową, natomiast E_L , R_L , C_L siłę elektromotoryczną obciążenia (o ile występuje), oraz zastępczą rezystancję i pojemność (z uwzględnieniem parametrów przewodu). Napięcie U_L mierzone jest na wejściu odbiornika.

Wartości parametrów obwodu stykowego wg specyfikacji:

Obciążenie:

$$3 \text{ k}\Omega \leq R_L \leq 7 \text{ k}\Omega$$

$$C_L \leq 2500 \text{ pF}$$

Składowa reaktancyjna impedancji obciążenia nie może być typu indukcyjnego dla uniknięcia przepięć.

$$|E_L| \leq 2 \text{ V}$$

Źródło:

$$U_0 \leq 25 \text{ V}$$

Nie określa się rezystancji R_0 i pojemności C_0 , ale stawia się wymagania, aby zwarcie do masy lub do innego wyjścia nie spowodowało uszkodzenia obwodu i prąd zwarcia był mniejszy od 0.5 A. Źródło musi pracować poprawnie przy obciążeniu $C_L = 2500 \text{ pF}$. Dopuszczalne wartości napięć na liniach:

Linie danych (obowiązuje logika ujemna):

$$1 \text{ logiczna: } -15 \text{ V} \leq U \leq -3 \text{ V}$$

$$0 \text{ logiczne: } +3 \text{ V} \leq U \leq +15 \text{ V}$$

Linie sterujące oraz podstawy czasu (logika dodatnia):

1 logiczna: $+3\text{ V} \leq U \leq +15\text{ V}$

0 logiczne: $-15\text{ V} \leq U \leq -3\text{ V}$

Obszar przejściowy $-3\text{ V} \leq U \leq +3\text{ V}$ nie określa jednoznacznie stanu obwodu. Wyjątkiem są tu obwody RTS, DSR, DTR, SRTS, w których napięcie w podanym obszarze interpretowane jest jako 0.

Sygnały na liniach interfejsu muszą spełniać dodatkowo następujące warunki:

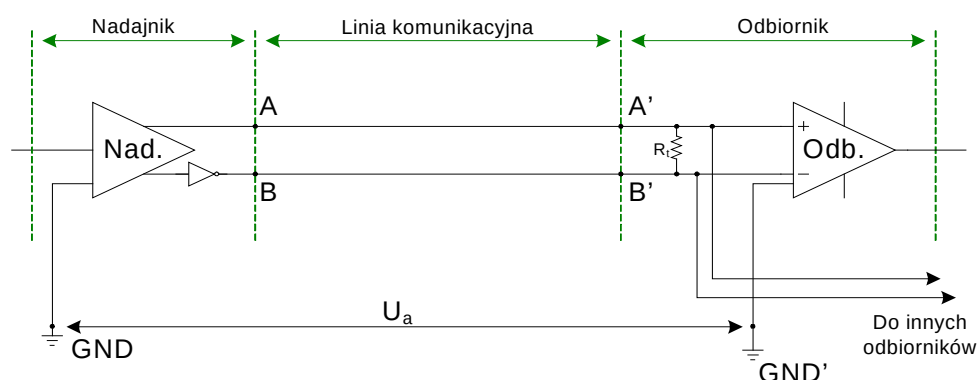
- przejście przez zakres -3 do 3 V musi być monotoniczne i nie trwać dłużej niż 1 ms ,
- dla obwodów danych i sygnałów taktujących wymaga się ponadto aby czas przejścia przez obszar przejściowy był mniejszy od 3% czasu trwania bitu,
- dla ograniczenia przesłuchów szybkość zmian sygnałów w liniach powinna być mniejsza od $30\text{ V}/\mu\text{s}$.

Łącze RS-422A

Uniwersalnym rozwiązaniem dla szybkiej transmisji na duże odległości, dokonywanej w obecności zakłóceń, jest pełna symetryzacja łącza. Standardy RS-422A oraz RS-485 określają symetryczny, zrównoważony system transmisji danych złożony z różnicowego nadajnika, dwuprzewodowego zrównoważonego toru przesyłowego oraz odbiornika o różnicowym obwodzie wejściowym. Prędkość transmisji wynosi od 100 kbitów/s do 10 Mbitów/s . Standard RS-422A nie wprowadza ograniczeń na minimalną, lub maksymalną częstotliwość a jedynie na zależność pomiędzy szybkością zmian sygnału a czasem trwania bitu. Na rysunku 5 przedstawiono zrównoważony cyfrowy interfejs zgodny ze standardem RS-422A.

Odbiornik interfejsu RS-422A jest w zasadzie taki sam jak odbiornik interfejsu RS-423A. Z kolei nadajnik posiada różnicowy obwód wyjściowy o rezystancji wewnętrznej mniejszej

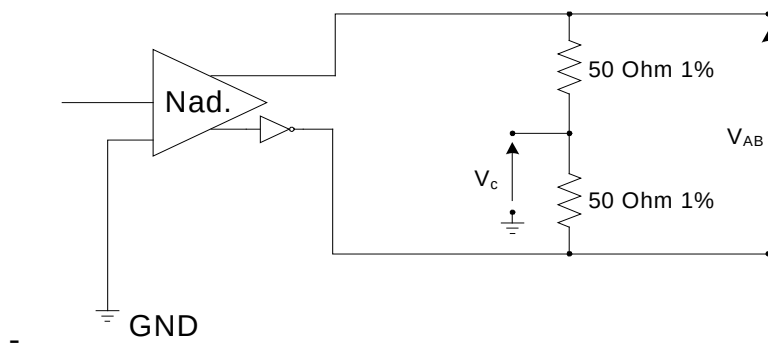
lub równej 100 Ohm oraz zapewnia napięcie w zakresie 2.0 V min do 6.0 V. Napięcie pomiędzy każdym z zacisków wyjściowych a masą nie powinno przekraczać 6.0 V.



Rysunek 5. Zrównoważony interfejs cyfrowy; A, B: interfejs nadajnik - linia transmisyjna; A', B': interfejs linia transmisyjna - obciążenie; GND - masa nadajnika; GND'- masa obciążenia; R_t - rezystor dopasowujący.

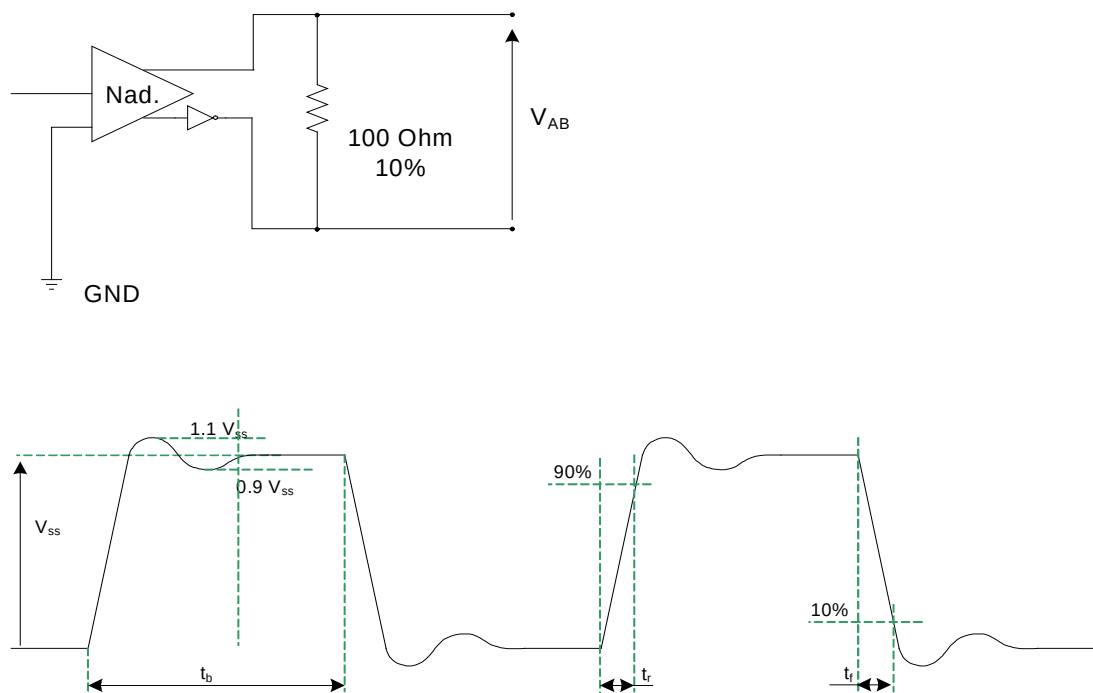
Zrównoważenie napięcia wyjściowego określa się następująco:

- Wyjściowe napięcie różnicowe (V_{AB}) nie powinno być mniejsze od 2.0 V przy obciążeniu wyjścia dwoma rezystorami dopasowującymi o wartości 50 Ω (1 %) połączonymi szeregowo (rysunek 6). Różnica pomiędzy bezwzględnymi wartościami napięć V_{AB} w przeciwnych stanach logicznych musi być mniejsza od 0.4 V. Wyjściowe napięcie niezrównoważenia V_c nadajnika, mierzone pomiędzy punktem połączenia rezystorów dopasowujących a masą, nie powinno przekraczać 3.0V, a zmiana V_c dla przeciwnej polaryzacji różnicowego napięcia wyjściowego nie może być większa od 0.4 V.



Rysunek 6. Układ do testowania napięcia wyjściowego nadajnika

- Prąd przy zwarcu każdego z wyjść do masy musi być mniejszy od 150 mA. Wyjściowy prąd upływu przy wyłączonym napięciu zasilania i napięciu z zakresu - 0.25 V do 6 V podłączonym do któregośkolwiek zacisku wyjściowego, musi być mniejszy lub równy 100 μ A.
- Czasy narastania (opadania) napięcia wyjściowego, liczone pomiędzy 0.1 i 0.9 V_{ss} , nie mogą przekraczać 10 % czasu trwania bitu lub 20 ns, w zależności od tego, która z wartości będzie większa.
- Przepięcia nie mogą być większe od 0.1 V_{ss} , przy czym V_{ss} definiuje się jako różnicę pomiędzy ustalonymi wartościami napięcia wyjściowego odpowiadającymi dwóm stanom logicznym (rysunek 7).



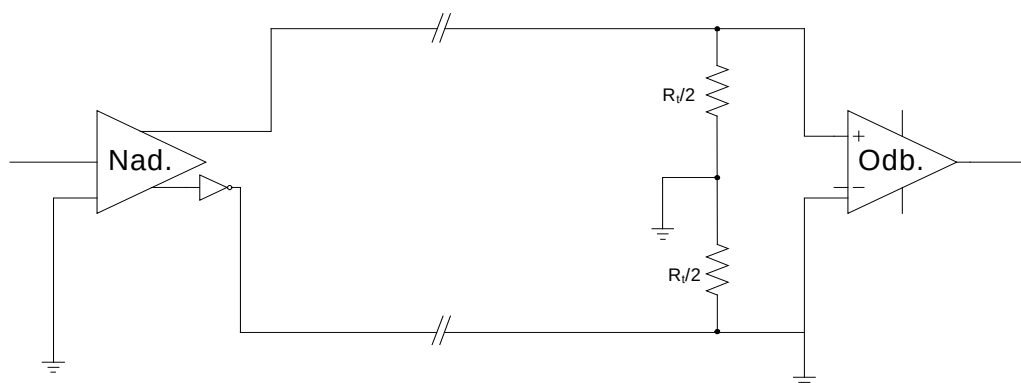
Rysunek 7. Własności dynamiczne nadajnika

Wymagania stawiane obwodowi wejściowemu odbiornika są następujące:

- Napięcie progowe wejścia różnicowego (czułość) w zakresie napięcia wspólnego -7 V do 7 V wynosi 200 mV.
- Impedancja wejściowa większa lub równa 4 k Ω .
- Charakterystyka napięciowo-prądowa obwodu wejściowego odbiornika powinna być zrównoważona tak, aby jego wyjście pozostawało w założonym stanie przy podaniu 400 mV na wejście różnicowe (przez rezystor 500 Ω 1 % na każdym wejściu) w obecności napięcia wspólnego w zakresie -7 V do 7 V.
- Odbiornik RS-422A nie może ulec uszkodzeniu przy załączaniu lub wyłączaniu napięcia zasilania w następujących warunkach:
 - ❑ nadajnik wyłączony,
 - ❑ zwarcie w linii transmisyjnej,
 - ❑ zwarcie przewodu do masy.

Typowym zastosowaniem interfejsu RS-422A jest transmisja danych z centralnego komputera do wielu odległych stacji. W kablu transmisyjnym wykorzystuje się najczęściej pary przewodów skręcanych zamknięte rezystorami dopasowującymi, umieszczonymi w miejscu najbardziej odległym od nadajnika. Dla zminimalizowania zakłóceń korzystne może

być użycie dwóch rezystorów dopasowujących, każdy o wartości $R_t/2$ każdy, podłączonych pomiędzy poszczególnymi przewodami a masą (rysunek 8). Takie rozwiązanie zmniejsza rezystancję zastępczą pomiędzy przewodami a masą i w ten sposób ogranicza napięcie zakłóceń spowodowane oddziaływaniem zewnętrznych pól elektrycznych. Zwiększa przy tym jednak obciążenie prądowe nadajnika.



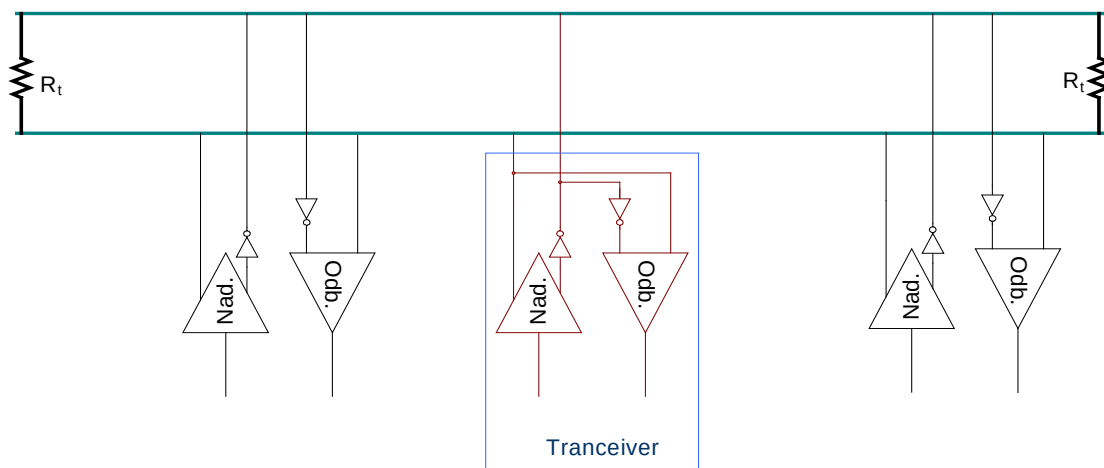
Rysunek 8. Dopasowanie odniesione do masy różnicowego toru transmisyjnego RS-485

Interfejs RS-485

Standard RS-485 wprowadzono w 1983 roku jako rozwinięcie RS-422A. Łącze RS-485 tak jak 422 jest również symetryczne i zrównoważone, przy czym dopuszcza się nie tylko 32 odbiorniki i jeden nadajnik, ale 32 odbiorniki i 32 nadajniki na jednej linii. Nadajniki muszą być trójstanowe. Tzn. dwa stany związane z przekazywanym stanem logicznym i stan trzeci: stan wysokiej impedancji, równoważny z odłączeniem nadajnika. Na rysunku 9 przedstawiono wielopunktowy, zrównoważony interfejs cyfrowy zgodny ze standardem RS-485.

Dopasowanie toru transmisyjnego stanowią rezystory R_t umieszczone na początku i końcu linii. Możliwe jest również dopasowanie odniesione do masy, pod warunkiem nie przekroczenia dopuszczalnego obciążenia nadajnika rys. 8. (patrz opis RS-422).

Zarówno w RS-485, jak i RS-422A, RS-423A, mogą wykorzystywać te same układy elektroniczne co w standardzie RS-232C więc sposób programowania może być podobny. Dostępne są w handlu również hardware'owe konwertery interfejsu RS-232C na RS-485.



Rysunek 9. Cyfrowy interfejs zgodny z RS-485.

Wielopunktowa komunikację umożliwiają następujące właściwości nadajników:

- Jeden nadajnik może sterować do 32 jednostkowych obciążeń oraz zastępczą rezystancję dopasowującą $R = 60 \Omega$ lub większą. Jednostkowym obciążeniem (UL: unit load) jest obwód, który wprowadza obciążenie do 1 mA przy obecności napięcia wspólnego o wartości 12 V (najgorszy przypadek). Obciążenia mogą składać się z nadajników i/lub odbiorników ale nie z rezystorów dopasowujących, które wprowadzałyby dodatkowe obciążenie wobec dozwolonych 60 Ohm.
- Prąd upływu nadajnika w stanie wyłączenia nie może przekraczać 100 pA przy jakimkolwiek napięciu w linii z przedziału -7 V do 7 V.
- Nadajnik powinien zapewnić różnicowe napięcie wyjściowe z przedziału -1.5 V do 5 V przy obecności napięcia wspólnego w zakresie -7 V do 12 V.
- Nadajniki muszą mieć zabezpieczenie przed kolizją, tzn. jednoczesne nadawanie przez więcej niż jeden nadajnik nie może uszkadzać nadajnika. Inaczej mówiąc podanie na wyjście nadajnika zewnętrznego źródła napięcia o wartości z przedziału -7 V do 12 V, nie może uszkodzić nadajnika bez względu na stan jego wyjścia (wysoki, niski lub pasywny).

Właściwości odbiorników umożliwiające wielopunktową transmisję:

- Duża rezystancja wejściowa, minimum 12 k Ω .
- Zakres napięcia wspólnego na wejściu odbiornika -7 V do 12 V.
- Czułość wejścia różnicowego 200 mV w całym zakresie napięcia wspólnego (-7 V do 12 V).
- Ograniczenie ilości stacji podłączonych do linii transmisyjnej

W standardzie RS-485 dopuszcza się obecność do 32 UL. Znając jednostkowe obciążenie wnoszone przez konkretne układy nadajników i odbiorników można określić maksymalną liczbę stacji, które mogą ze sobą współpracować przez jedno łącze.

Na przykład, wyjściowy prąd upływu nadajnika SN75172 w stanie wyłączenia, przy napięciu 12 V na wyjściu, wynosi max 0.1 mA. Oznacza to, że nadajnik ten reprezentuje 0.1 mA/1.0 mA lub 0.1 U.L.

Wejściowy prąd odbiornika SN75173 określony przy napięciu 12 V na wejściu wynosi max. 0.6mA. Odbiornik zatem reprezentuje 0.6 mA/1 mA lub 0.6 UL jako para nadajnik z odbiornikiem stanowią zatem 0.7 U.L. Dzieląc 32 UL przez 0.7 UL otrzymuje się liczbę 45 stacji nadawczo-odbiorczych jakie można podłączyć do linii transmisyjnej. Zwykle jednak, nie wiemy o tym jakie parametry ma układ scalony w wybranym urządzeniu, zatem przy tworzeniu linii komunikacyjnej, nie należy przekraczać 32 urządzeń na linii. Zwykle także software korzystający z RS-485 nie pozwala rozszerzyć adresu ponad 32.

Źródła

Skorzystano z materiałów i informacji dostępnych na stronach:

<http://www.softel.pl/rs/>

<http://lodd.p.lodz.pl/kwbd/>

<http://pl.wikipedia.org/wiki/RS-232C>

<http://pl.wikipedia.org/wiki/RS485>