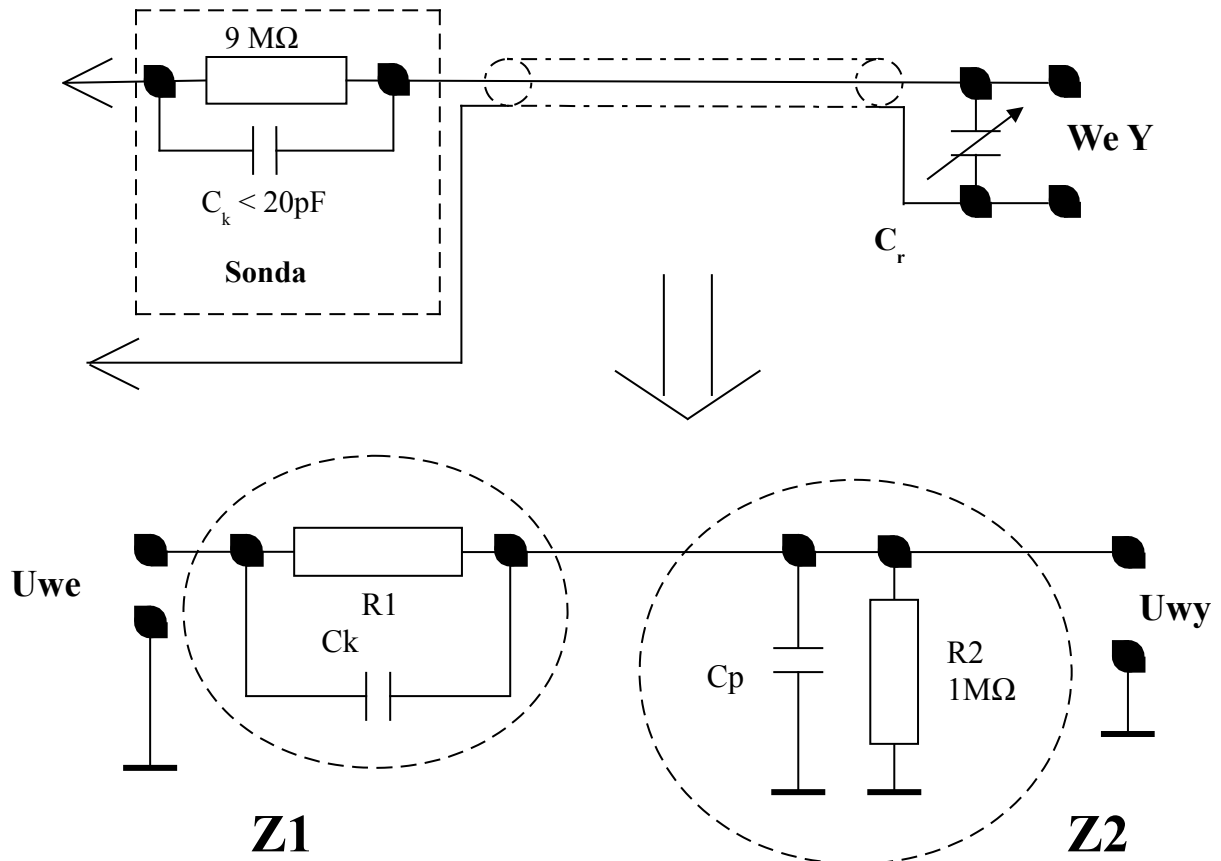


# Zespół Szkół Łączności

## LABORATORIUM URZĄDZEŃ ELEKTRONICZNYCH

### Sonda oscyloskopowa i badanie transmisji sygnałów w kablach. Reflektometr.

#### 1.0 Sonda oscyloskopowa.



Sonda oscyloskopowa wykorzystywana jest:

- przy badaniu przebiegów w. cz. lub przebiegów o krótkich czasach narastania i opadania w układach elektronicznych przy pomocy oscyloskopu;
- nie eliminuje, ale wyraźnie zmniejsza oddziaływanie pojemności kabla pomiarowego i pojemności wejściowej oscyloskopu na wyniki pomiaru oscyloskopem.

Sonda oscyloskopowa razem z rezystancją i pojemnością wejściową oscyloskopu tworzy dzielnik napięciowy o współczynniku podziału 1:10 lub 1:100. W najprostszym wykonaniu zawiera rezystor o dużej wartości rezystancji i kondensator regulowany – trymer. Elementy sondy i wejścia oscyloskopu tworzą dzielnik impedancyjny, gdzie  $C_p$  jest sumą pojemności kabla sondy oscyloskopowej, pojemności regulowanej  $C_r$  i pojemności wejściowej oscyloskopu,  $R_2$  jest rezystancją wejściową oscyloskopu, a  $R_1$  rezystancją zabudowaną w sondę,  $C_k$  wejściową sondy. Transmitancję tego dzielnika impedancyjnego zapisujemy następująco:

$$\frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{\frac{1}{Y_2}}{\frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_p}}{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + j\omega C_k} + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_p}} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}}{\frac{R_1}{1 + j\omega C_k R_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega C_p R_2}} = \frac{1}{10}$$

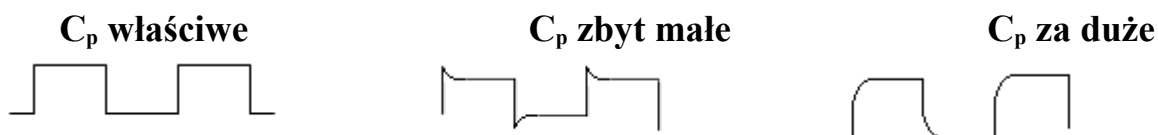
jeżeli  $C_k R_1 = C_p R_2$

Wartość napięcia wyjściowego jest dziesięciokrotnie mniejsza w całym paśmie częstotliwości tej sondy. To znaczy, że sonda zapewnia wierne odtworzenie badanych przebiegów na oscyloskopie i ma płaską charakterystykę częstotliwościową w tym paśmie częstotliwości.

**Zapis**

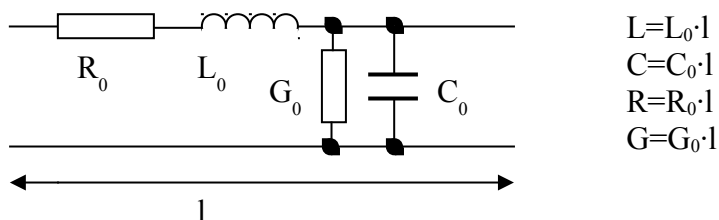
$$C_k R_1 = C_p R_2$$

**jest warunek kompensacji** sondy oscyloskopowej. Praktycznie kompensacji sondy oscyloskopowej dokonujemy korzystając z wyjścia testowego oscyloskopu regulując pojemnością  $C_r$  do uzyskania przebiegu prostokątnego jak na rysunku poniżej.



## 2.0 Podstawowe wiadomości o liniach przesyłowych (kablach) i zachodzących zjawiskach w liniach przesyłowych.

**2.1 Linia długa.** Wiemy, że światło w próżni ma prędkość nie większą niż 300 tys. km/s, że fale radiowe w próżni rozchodzą się z podobną prędkością. Okazuje się, że sygnały (impulsy) elektryczne w przewodach też nie mają prędkości rozchodzenia się równej  $\infty$ . Prędkość rozchodzenia się tych sygnałów zależy od otoczenia środowiska przewodników, a dokładnie pojemności i indukcyjności jednostkowej tych przewodów wyrażanych odpowiednio w [F/m] i [H/m], a te parametry zależą od przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$  ( $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ) i przenikalności magnetycznej  $\mu$  ( $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ ). Każdy kabel (koncentryczny, symetryczny, skrętka telefoniczna) ma określoną jednostkową indukcyjność  $L_0$  i pojemność  $C_0$ , a prędkość przemieszczania się impulsu elektrycznego w linii przesyłowej to  $v = 1/\sqrt{L_0 \cdot C_0} = 1/\sqrt{\mu \cdot \epsilon}$ . Schemat zastępczy odcinka linii przesyłowej jest następujący:



Gdzie  $L_0$  – indukcyjność jednostkowa,  $C_0$  – pojemność jednostkowa,  $R_0$  – rezystancja jednostkowa przewodu,  $G_0$  – konduktancja jednostkowa (upływność) dielektryka, a  $l$  – długość odcinka linii.

**LINIA DŁUGA** to taka linia, której długość jest porównywalna lub większa od długości fali napięcia przesyłanego sygnału. Przy bardzo wysokich częstotliwościach linią długą może być odcinek kilku cm, a nawet kilka milimetrów. Długość fali napięcia sinusoidalnego to  $\lambda = c/f$ .

Przy przesyłaniu impulsów prostokątnych poza częstotliwością istotny jest czas narastania zbocza impulsów i czas propagacji sygnału. O **linii długiej** mówimy gdy  $t_p > 0,5t_T$  gdzie  $t_p$  – czas propagacji impulsu, a  $t_T$  czas trwania zbocza przenieszonego sygnału.

Podstawowymi parametrami linii długiej są: impedancja falowa  $Z_f = \sqrt{L_0/C_0}$  oraz tłumienie jednostkowe  $\alpha = \sqrt{R_0 \cdot G_0}$  [dB/m]. Dla linii długiej mówimy o dopasowaniu falowym, gdy cała energia impulsu trafia do obciążenia (zamiana jest na ciepło) i o odbiciach, gdy część lub cała energia powraca do nadajnika i wytraca się w linii przesyłowej (**R i G linii**).

**2.2 Interfejsy.** Transmisja przebiegów elektrycznych, szczególnie przebiegów prostokątnych w liniach transmisyjnych – kablach wymaga stosowania specjalnych środków technicznych. Interfejs to nie tylko sprzęt, ale i jego oprogramowanie. Tu zajmujemy się tylko parametrami rozwiązania układu. Interfejs RS232C – szeregowy niesymetryczny napięciowy układ transmisji:

- poziomy napięcie wyjściowych  $U_{wy} = +5V$  do  $+15V$  dla „0” log na wejściu TTL.

$U_{wy} = -5V$  do  $-15V$  dla „1” log na wejściu TTL.

Dla  $-3V < U_{wy} < +3V$  – stan zabroniony – uszkodzenie w torze transmisji.

Rozwiązanie stosowane do transmisji szeregowej asynchronicznej (start – stop) 8 bit z bitem kontroli (nie)parzystości lub bez i 1, 1.5, lub 2 bitami stopu. W komputerach w zaniku.

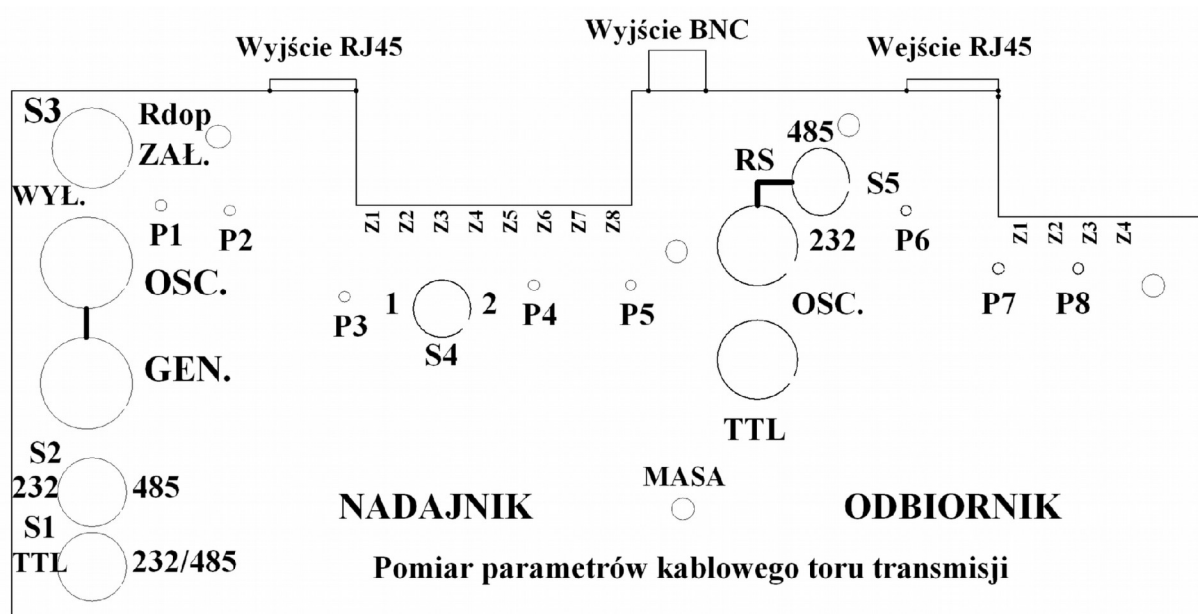
Zastąpiony przez USB. Nadal stosowany w automatyce do transmisji danych na małe odległości lub jako przejście układowe między interfejsem RS422A (485) a komputerem. Dla transmisji RS422A i RS485 stosowane są te same lub podobne układy, linia symetryczna różnicowa napięciowa lub prądowa z dopasowaniem do impedancji falowej. Powszechnie występuje nadal w transmisji między urządzeniami automatyki. W urządzeniach elektronicznych powszechnie jest stosowany szeregowy interfejs synchroniczny I<sup>2</sup>C.

Porównanie rozwiązań transmisji szeregowej asynchronicznej w tabeli 1.

Tabela 1 Porównanie standardów EIA transmisji szeregowej

Parametr	<a href="#">RS-232C</a>	<a href="#">RS-423A</a>	<a href="#">RS-422A</a>	<a href="#">RS-485</a>
Rodzaj transmisji	niesymetryczna	niesymetryczna	różnicowa	różnicowa
Dozwolona ilość nadajników	1 nadajnik 1 odbiornik	1 nadajnik 10 odbiorników	1 nadajnik 10 odbiorników	32 nadajniki 32 odbiorniki
Maksymalna długość kabla [m]	15	1200	1200	1200
Maksymalna szybkość transmisji [bity/s]	20 k	100 k	10 M	10 M
Maksymalne napięcie wspólne [V]	± 25	± 6	+6 -0,25	+12 -7
Wyjście nadajnika [V] min max	± 5 ± 15	± 3,6 ± 6,0	± 2,0	± 1,5
Czułość odbiornika [V]	± 3	± 0,2	± 0,2	± 0,2

### 3.0 Budowa układu do pomiaru parametrów w liniach przesyłowych.



S1 – S5 przełączniki do wybrania określonych układów pomiarowych.

P1 – P8 punkty pomiarowe do podłączenia sond oscyloskopowych.

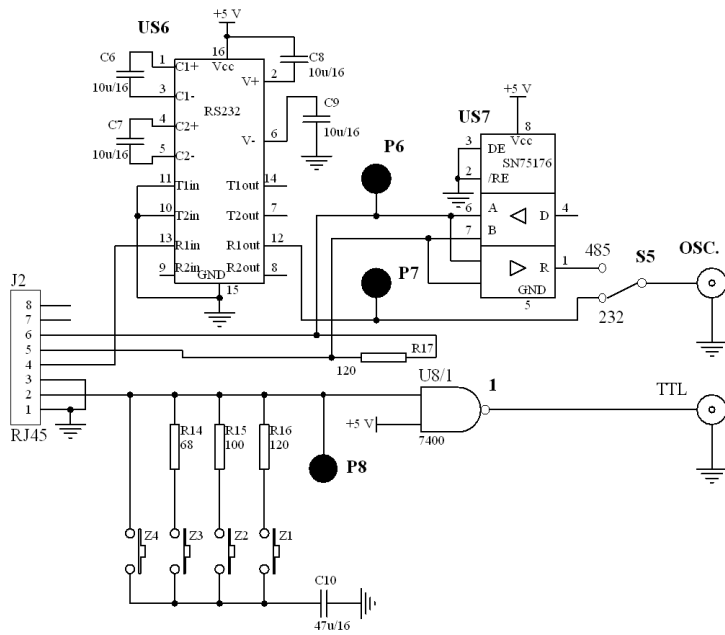
Gniazdo BNC „GEN.” do podłączenia generatora z wyjściem TTL.

3 gniazda BNC „OSC.” do podłączenia oscyloskopu kablem BNC.

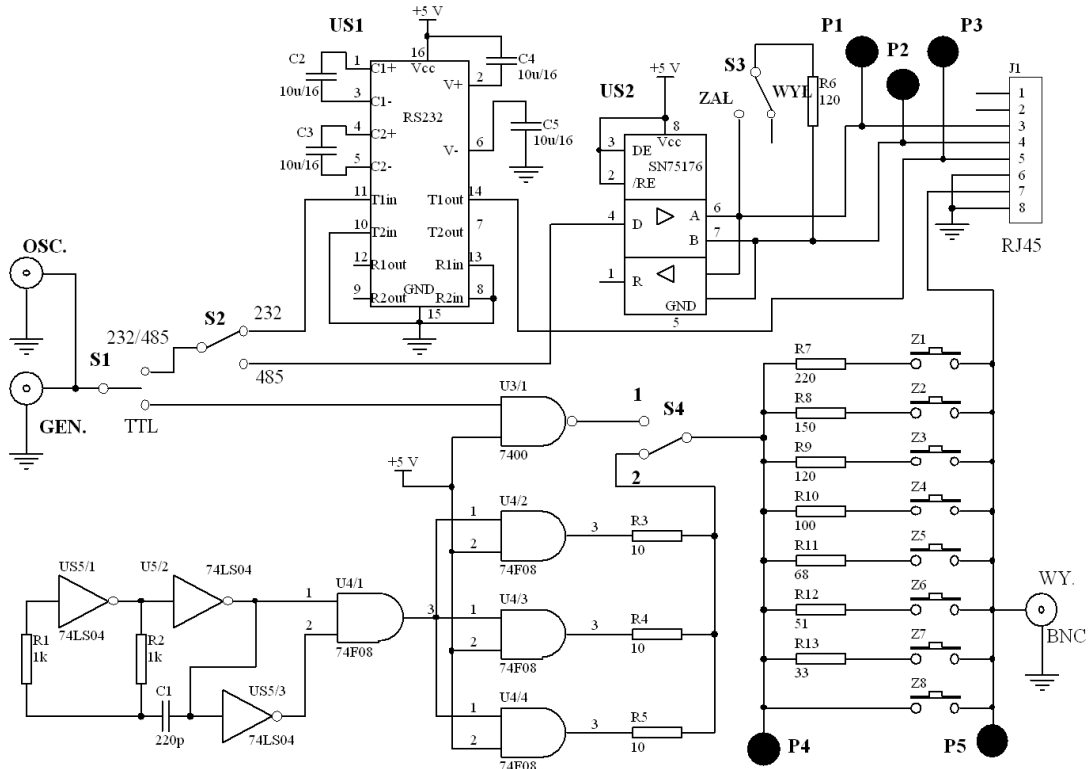
#### 3.1 Schematy ideowe i zasada działania układu pomiarowego.

W nadajniku jest generator krótkich impulsów, który wysyła impulsy o czasie trwania mniejszym od 10 ns. z okresem powtarzania T. Generator stanowią układy scalone US4 i US5. Do wyjścia generatora podłączane są rezystory dopasowujące przez przełącznik S4 poz. 1 i zwory Z1 – Z8, a następnie równocześnie do obu gniazd wyjściowych BNC i RJ45. Z wejścia gniazda GEN przebieg o poziomach TTL przez przełączniki S1 i S2 podawany jest do układów transmisji RS 232C, RS 422A (485) – układ SN75176 z odłączanym rezystorem dopasowania Rdop za pomocą przełącznika S3 i bramkę NAND (7400) z rezystorami dopasowania na wyjściu podłączanymi przełącznikiem S4.

Odbiornik zawiera identyczne układy interfejsu RS 232C, RS422A i bramkę NAND.



Rys.2. Schemat ideowy odbiornika do badania parametrów linii przesyłowych



Rys 3. Schemat ideowy nadajnika do badania parametrów linii przesyłowych

#### 4.0 Wyposażenie stanowiska pomiarowego.

- badany model do pomiaru parametrów kablowego toru transmisji z zasilaczem sieciowym;
- oscyloskop cyfrowy dwukanałowy z sondami pomiarowymi;
- generator funkcyjny z wyjściem sygnału TTL.

## 5.0 Zadania do wykonania.

### *Sprawozdanie wykonaj na papierze kancelaryjnym.*

Przerysuj schemat sondy oscyloskopowej wraz ze schematem dzielnika impedancyjnego. Przepisz wzór na transmitancję tego dzielnika, oraz zapisz warunek kompensacji sondy oscyloskopowej.

Narysuj schemat blokowy układu do pomiaru linii długiej – kabla, zgodnie z opisem w poleceniach i dokonaj jego połączeń.

5.1 Pomiar prędkości rozchodzenia się sygnału elektrycznego w kablach: koncentrycznym (75  $\Omega$ ) i skrętce telefonicznej 4x2, pomiar impedancji falowej, oraz tłumienia sygnału dla obu kablów.

Pomiary dla kabla koncentrycznego 75  $\Omega$  o długości 10 m.

Do wyjścia nadajnika (gniazdo BNC na tylnej ścianie) podłącz kabel koncentryczny 75  $\Omega$ , drugi koniec kabla rozwarty. Przełącznik S4 w poz. 2. Generator zewnętrzny odłączony.

Pracuje wewnętrzny generator krótkich impulsów. Zworka w nadajniku w poz. Z4. Sonda pomiarowa oscyloskopu (1:10) podłączona do punktu pomiarowego P5, a  $C_{px}=20$  ns/cm  $C_{py}=0,1$  V/cm.

Odrysuj kształt przebiegów dla:

- kabla rozwartego na końcu;
- kabla zwartego na końcu;
- kabla z dopasowaniem falowym.

Dokonaj pomiaru amplitudy obu przebiegów, oraz czasu między wysłaniem impulsu i jego powrotem dla kabla rozwartego. Zapisz wyniki według zapisu poniżej. Zaznacz zmierzone parametry na rysunku.

$$\Delta t(x) = \dots\dots\dots$$

$$A_0 = \dots\dots\dots$$

$$A(x) = \dots\dots\dots$$

gdzie:  $\Delta t(x)$  jest zmierzonym czasem powrotu odbitego sygnału;

$A_0$  jest amplitudą sygnału z nadajnika impulsu.

$A(x)$  jest amplitudą sygnału odbitego.

Zaobserwuj zmiany, gdy koniec kabla zostanie zwarty, oraz określ wartość rezystancji dopasowania (falowej) – zmieniając zworkę dobierz odpowiednią rezystancję obciążenia.

Pomiary dla skrętki telefonicznej (4x2) o długości 10 m. (Odłączony kabel koncentryczny).

Do wyjścia nadajnika (gniazdo RJ45) podłącz kabel skrętka telefoniczna (4x2). Pozostałe podłączenia i ustawienia bez zmian.

$$\Delta t(x) = \dots\dots\dots$$

$$A_0 = \dots\dots\dots$$

$$A(x) = \dots\dots\dots$$

Dokonaj pomiaru impedancji falowej, czasu powrotu sygnału odbitego i amplitud obu sygnałów dla kabla rozwartego na końcu.

## 6.0 Opracowanie wyników.

Wzory do obliczeń.

**Współczynnik odbicia:**  $n = (Z_{\text{obciążenia}} - Z_{\text{kabla}}) / (Z_{\text{obciążenia}} + Z_{\text{kabla}})$

**Współczynnik tłumienia:**  $A(x) = A_0 e^{-\alpha x}$  gdzie:  $x$  – odległość;  $\alpha$  – współczynnik tłumienia  
stąd  $\alpha =$

**Prędkość:**  $v = s/t$  gdzie:  $s$  przebyta przez sygnał droga  $s = 2 \cdot l$  ;  
 $t$  – zmierzony czas.  
 $l$  – długość kabla.

6.1 Oblicz współczynnik odbicia dla kabla na końcu rozwartego, zwartego i obciążonego rezystancją dopasowania.

6.2 Porównaj ze sobą zmierzone parametry obu kabli, oraz uzyskane wyniki szybkości transmisji sygnału elektrycznego. Wyjaśnij przyczynę dla której prędkość rozchodzenia się sygnałów elektrycznych w tych kablach jest różna i inna niż prędkość światła. Podaj skutki niedopasowania impedancji wyjściowej nadajnika, kabla i impedancji obciążenia.

6.3 Wyjaśnij sposób lokalizacji uszkodzeń kabla za pomocą powyższej metody zwanego reflektometrem.

6.4 Wyjaśnij powody dla których w łączach kablowych na duże odległości nie stosuje się transmisji sygnałów prostokątnych. Uzasadnij rolę MODEM-u w transmisji sygnałów cyfrowych.