

> Rafał Pawlak

# Okablowanie strukturalne sieci

## Teoria i praktyka

Zaprojektuj niezawodną sieć teleinformatyczną!

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania, czyli elementarz projektanta
- Elementy składowe okablowania strukturalnego, czyli kompletowanie niezbędnych materiałów
- Projekt sieci, czyli szczegółowe rozwiązania i przewidywanie potencjalnych zagrożeń

Wydanie III

Helion 

## » Idź do

- Spis treści
- Przykładowy rozdział
- Skorowidz

## » Katalog książek

- Katalog online
- Zamów drukowany katalog

## » Twój koszyk

- Dodaj do koszyka

## » Cennik i informacje

- Zamów informacje o nowościach
- Zamów cennik

## » Czytelnia

- Fragmenty książek online

## » Kontakt

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel. 32 230 98 63  
e-mail: helion@helion.pl  
© Helion 1991–2011

## Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III

Autor: Rafał Pawlak  
ISBN: 978-83-246-3377-7  
Format: 158×235, stron: 296



### Zaprojektuj niezawodną sieć teleinformatyczną!

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania, czyli elementarz projektanta
- Elementy składowe okablowania strukturalnego, czyli kompletowanie niezbędnych materiałów
- Projekt sieci, czyli szczegółowe rozwiązania i przewidywanie potencjalnych zagrożeń

Zagadnienie okablowania, czyli de facto stworzenia całej struktury sieciowej w przestrzeni o określonym, często skomplikowanym układzie, nie jest tak proste, jak mogłoby się z pozoru wydawać. Samo ułożenie kabli poprzedzone musi być za każdym razem kompleksową analizą wszystkich elementów powstającego systemu, od aspektów ściśle technicznych (gdzie umieścić szafy, ulokować serwerownię, jakie instalacje towarzyszące wdrożyć?), aż po sposoby i miejsca wykorzystywania sieci przez użytkowników. To zadanie wymaga wiedzy oraz świadomości celów, a także dużej wyobraźni, nie tylko przestrzennej. Indywidualne dostosowanie powstającej infrastruktury do specyfiki lokalizacji docelowej i potrzeb użytkowników zawsze zależy od projektanta, a niezbędną wiedzę pozwalającą na stworzenie sprawnie działającej sieci teleinformatycznej znajdziesz właśnie w tej książce!

„Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III” to podręcznik, dzięki któremu kwestia zaprojektowania i wykonania systemu okablowania strukturalnego przestanie wydawać Ci się nie do pokonania. Dowiesz się, co należy wziąć pod uwagę na pierwszym etapie projektowania sieci, jakie materiały i urządzenia musisz zgromadzić oraz jak je ze sobą połączyć, a także jakie środowisko pracy wybrać dla centrum danych. Zrozumiesz, po co Ci szczegółowa dokumentacja projektowa i na czym polega odbiór projektu. Poznasz normy obowiązujące przy projektowaniu sieci i sprawdzone sposoby zabezpieczania infrastruktury przed awarią oraz neutralizacji ewentualnych jej skutków. Krótko mówiąc, książka ta to znakomite przygotowanie do pracy nad jednym z najważniejszych systemów działających we współczesnych firmach.

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania
- Przewodowe media transmisyjne
- Elementy składowe okablowania strukturalnego
- Środowisko pracy dla centrum danych (DATA CENTER)
- Dokumentacja projektowa i odbiór systemu okablowania
- Porady techniczno-instalacyjne
- Okablowanie strukturalne a normy
- Redundancja okablowania pionowego
- Okablowanie strukturalne a backup danych
- Reakcja na awarie i projekt sieci
- Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach

**Zbuduj system okablowania strukturalnego skrojony na miarę!**

# Spis treści

<b>Podziękowania .....</b>	<b>9</b>
<b>Prolog .....</b>	<b>11</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>13</b>
<b>Rozdział 1. Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania .....</b>	<b>15</b>
Podstawa rozważań — model ISO/OSI .....	17
Istota systemu okablowania strukturalnego .....	18
Geneza .....	18
Początki okablowania strukturalnego .....	19
Istota okablowania .....	20
Metoda .....	20
Topologie systemu .....	21
<b>Rozdział 2. Przewodowe media transmisyjne .....</b>	<b>25</b>
Typy sygnału .....	25
System binarny .....	29
Algebra Boole'a .....	32
Kable miedziane .....	37
Kable koncentryczne .....	37
Kable UTP .....	38
Światłowody .....	46
Budowa światłowodu .....	49
Klasyfikacja światłowodów .....	50
Sposoby łączenia włókien .....	54
Złącza światłowodowe (optyczne) .....	57
<b>Rozdział 3. Elementy składowe okablowania strukturalnego .....</b>	<b>61</b>
Okablowanie poziome, pionowe i międzybudynkowe .....	61
Okablowanie poziome .....	61
Okablowanie pionowe .....	64
Okablowanie międzybudynkowe .....	65
Punkty rozdzielcze .....	65
Nomenklatura polska .....	66
Nazewnictwo angielskie .....	67
Dobór pomieszczenia na punkt dystrybucyjny .....	68

Punkt abonencki, sekwencja i polaryzacja .....	69
Punkt abonencki .....	69
Oznakowanie gniazd .....	71
System oznaczników kablowych .....	74
Sekwencja .....	74
Polaryzacja .....	78
Terminowanie .....	80
Elementy pasywne systemu .....	83
Szafy dystrybucyjne .....	83
Ustawianie i konfiguracja „czyste” szafy .....	89
Elementy chłodzące szafę .....	92
Elementy porządkujące przewody w szafie .....	94
Sprzęt pasywny .....	98
Kable krosowe .....	103
Dobór przepustowości w segmencie .....	108
MUTO .....	114
Światłowód prosto do biurka .....	116
Instalacje towarzyszące .....	117
Sieć elektryczna .....	117
Zasilanie awaryjne .....	120
Instalacja telefoniczna .....	121
<b>Rozdział 4. Środowisko pracy dla centrum danych (data center) .....</b>	<b>123</b>
Definiowanie zagrożeń .....	124
Ochrona przeciwpożarowa .....	126
System klimatyzacyjny .....	132
Chłodzenie i wentylacja szaf .....	132
Elektroniczna kontrola dostępu .....	137
<b>Rozdział 5. Dokumentacja projektowa .....</b>	<b>139</b>
Cele i zadania .....	139
Projekt systemu okablowania strukturalnego (sieci LAN) .....	143
Kosztorys .....	150
<b>Rozdział 6. Odbiór systemu okablowania .....</b>	<b>151</b>
Sprawdzanie systemu pod względem zgodności z normami .....	152
Procedura sprawdzania światłowodu przed instalacją .....	156
Rozwiązania gwarancyjne .....	157
<b>Rozdział 7. Porady techniczno-instalacyjne .....</b>	<b>159</b>
Ogólne zalecenia instalacyjne oraz ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi ....	160
Ogólne zalecenia instalacyjne .....	160
Ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi .....	163
Zasady układania kabli w gruncie .....	164
Sposoby przeciągania kabla przez kanalizację .....	166
Systemy listew i rur do instalacji teleinformatycznych .....	167
Systemy dystrybucji okablowania .....	170
Sprzęt instalatora .....	174
<b>Rozdział 8. Okablowanie strukturalne a normy .....</b>	<b>181</b>
Podstawowe instytucje standaryzujące .....	181
Główne dokumenty legislacyjne .....	183
Porównanie podstawowych norm .....	185

<b>Rozdział 9. Redundancja okablowania pionowego .....</b>	<b>187</b>
Redundancja okablowania kampusowego .....	187
Przykładowe rozwiązanie .....	193
<b>Rozdział 10. Okablowanie strukturalne a backup danych .....</b>	<b>195</b>
Podstawowe metody archiwizacji danych .....	196
<b>Rozdział 11. Reakcja na awarie .....</b>	<b>205</b>
Algorytm zarządzania incydemem .....	208
Awaria systemu okablowania .....	211
Awaria urządzeń aktywnych .....	213
Awaria zasilania .....	214
Awaria układu chłodzenia .....	216
Awaria układu przeciwpożarowego .....	218
Awaria systemu kontroli dostępu .....	219
<b>Rozdział 12. Projekt sieci .....</b>	<b>221</b>
Proponowane rozwiązanie .....	222
Szafy .....	228
Monitoring i kontrola dostępu .....	231
Telefony .....	231
Zasilanie awaryjne .....	232
System gaszenia .....	232
Klimatyzacja .....	232
Kosztorys .....	233
<b>Rozdział 13. Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach .....</b>	<b>237</b>
Rozmowa 1. — wypowiada się pani Aleksandra Parys .....	238
Rozmowa 2. — wypowiada się pan Krzysztof Wala .....	246
Rozmowa 3. — wypowiada się pan Grzegorz Niziński .....	251
Rozmowa 4. — wypowiada się pan Janusz Jankowski .....	258
<b>Słowniczek terminów .....</b>	<b>281</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>287</b>

## Rozdział 2.

# Przewodowe media transmisyjne

Ten rozdział traktuje o przewodowych mediach transmisyjnych. Omówię w nim rodzaje i klasyfikacje nośników. Przedstawię także rodzaje sygnału oraz podstawowe funkcje logiczne w układach cyfrowych.

Przewodowe media transmisyjne mają tę wyższość nad systemami bezprzewodowymi, iż oferują większe przepustowości. Cała sztuka polega na prawidłowym dobraniu przewodu oraz zapewnieniu stosownych warunków.

Placówki medyczne są doskonałym przykładem miejsc, w których powinno się stosować ekranowane kable miedziane. W szpitalach należy wystrzegać się rozwiązań bezprzewodowych, gdyż propagacja fal elektromagnetycznych może zakłócić pracę bardzo czułej aparatury medycznej. W salach operacyjnych z powodzeniem można wykorzystywać światłowody i ekranowane kable miedziane.

## Typy sygnału

Sam sygnał (niezależnie od jego rodzaju) możemy zdefiniować jako falę elektromagnetyczną. Przewodnikami (mediami) fal elektromagnetycznych mogą być metale, kable światłowodowe czy też powietrze.

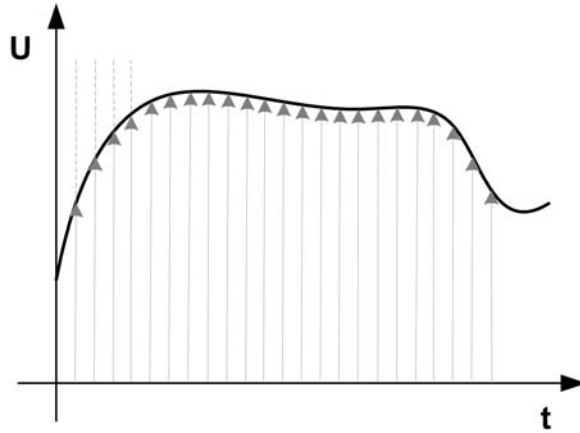
Wyróżniamy dwa typy sygnałów:

- ◆ analogowy,
- ◆ cyfrowy.

Sygnał analogowy jest funkcją napięcia i czasu. Zmienia się on w sposób ciągły. Przykładem sygnału analogowego jest ludzka mowa.

Natomiast sygnał dyskretny (cyfrowy) nie jest funkcją ciągłą, lecz ciągiem wartości próbek (ang. *sample*). Sygnał analogowy można przekształcić na postać cyfrową. Odbywa się to za pomocą próbkowania (dyskretyzacja, kwantowanie) przebiegu. W praktyce mierzona (próbkowana) jest chwilowa wartość sygnału analogowego w określonych odstępach czasu (rysunek 2.1). Sygnał dyskretny jest ciągiem próbek.

**Rysunek 2.1.**  
Próbkowanie sygnału analogowego



Twierdzenie Kotielnikowa-Shannona mówi, że aby odtworzyć sygnał ciągły z sygnału dyskretnego, częstotliwość próbkowania musi być co najmniej dwa razy większa od szerokości jego pasma.

Nośnik CD-Audio jest próbkowany z częstotliwością 44,1 kHz (44 100 razy na sekundę). Ludzkie ucho słyszy dźwięki o częstotliwości około 20 kHz, tak więc aby odtworzyć sygnał z płyty audio, a następnie podać go w postaci analogowej, niezbędne jest co najmniej 40 000 (40 kHz) próbek.

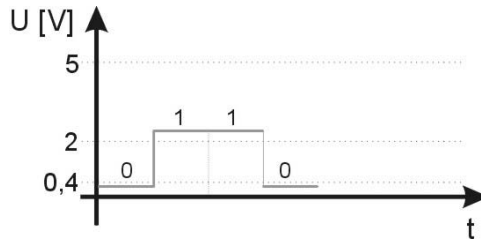
Sygnał analogowy doskonale nadaje się do przekazywania dźwięków oraz informacji pomiarowych (np. temperatury), natomiast sygnał cyfrowy wykorzystywany jest do przedstawiania informacji logicznych i symbolicznych.

Proces kształtowania (formowania) danych w postaci cyfrowej nazywamy kodowaniem, a ich odczytu — dekodowaniem.

Kwantowanie w czasie (próbkowanie) jest tylko jednym z procesów tworzenia sygnału impulsowego. Tym niemniej dla naszych dalszych rozważań wystarczy wiedza o tym, na czym polega różnica między sygnałem cyfrowym a analogowym oraz jak powstaje impuls (bit).

W sygnale cyfrowym zmiana napięcia odbywa się skokowo w określonych odstępach czasu. Ma on zazwyczaj tylko dwa poziomy (rysunek 2.2): wysoki H (ang. *high*) i niski L (ang. *low*). W elektronicznych układach cyfrowych nośnikiem sygnału jest najczęściej napięcie. Przyjmuje ono w zależności od poziomu określone przedziały: poziom niski 0 – 0,4 V, poziom wysoki 2 – 5 V. Każdy z poziomów ma przypisaną wartość logiczną H = 1 (prawda) i L = 0 (fałsz) — stąd też sygnał nazywany jest cyfrowym.

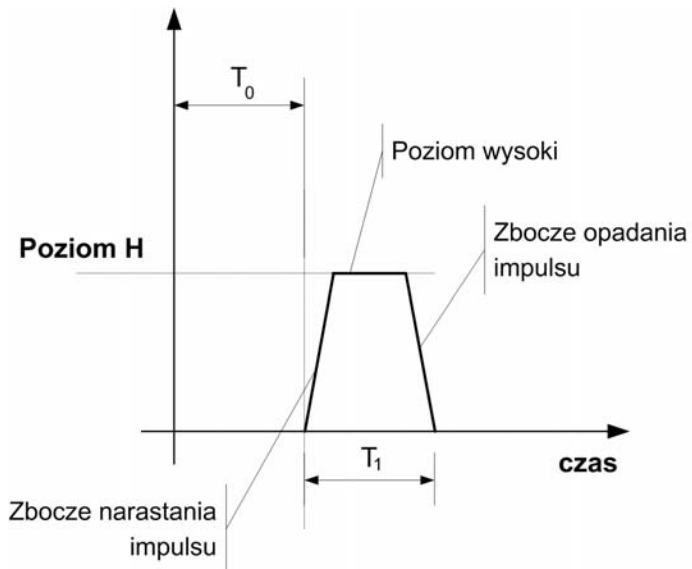
**Rysunek 2.2.**  
*Sygnal cyfrowy  
 w dwóch poziomach  
 (H, L)*



Na rysunku 2.2 widać, iż impulsy obrazują liczbę 0110 w systemie binarnym. W systemie dziesiętnym jest to liczba 6.

Bit posiada czas trwania  $T_1$ . W tym okresie impuls narasta, utrzymuje stan logiczny (poziom) i opada (rysunek 2.3).

**Rysunek 2.3.**  
*Charakterystyka  
 pojedynczego impulsu,  
 gdzie  $T_0$  to szerokość  
 szczeliny, a  $T_1$  — czas  
 impulsu*



Sygnal cyfrowy jest bardziej odporny na zakłócenia i zniekształcenia podczas jego transmisji. Impuls docierający do odbiornika jest identyfikowany (klasyfikowany) jako wartość jeden lub zero (poziom niski albo wysoki). Odbywa się to w oparciu o pomiar amplitudy odbieranego sygnału użytecznego. Ważne jest, aby amplituda sygnału zakłócającego nie przekroczyła progu detekcji sygnału właściwego. Jeżeli pojawi się zakłócenie, które przekroczy ten próg, zostanie zaklasyfikowane jako 1 lub 0 — powstanie błąd.

Ogólnie rzecz ujmując, błędy polegają na wstawianiu nowych (obcych) bitów w ciąg albo na przekłamywaniu wartości istniejącego znaku właściwie nadanego.

Problem jest znacznie głębszy, aniżeli ukazuje to zaprezentowane przeze mnie spojrzenie logiczne. Więcej do powiedzenia w tej materii mają fizycy i inżynierowie elektrycy, którzy pracują bezpośrednio przy produkcji sprzętu pasywnego. To oni określają parametry produktu.

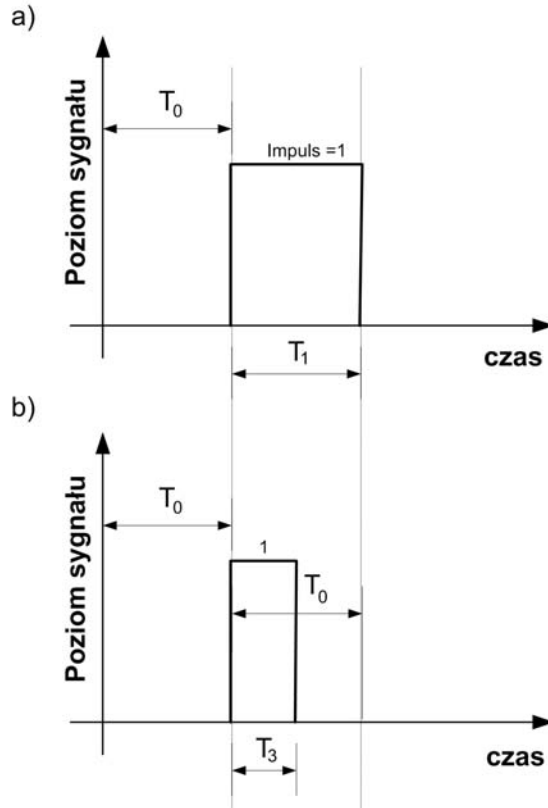


Zadaniem projektantów systemu okablowania strukturalnego jest odpowiedni dobór elementów względem siebie oraz zapewnienie im odpowiedniego środowiska pracy zgodnie z wytycznymi zawartymi w karcie produktu. Potrzebna jest do tego podstawowa wiedza z zakresu natury sygnału i aspektów jej towarzyszących.

Sygnał cyfrowy może być kodowany i transmitowany w dwóch postaciach (rysunek 2.4). Pierwszy przypadek określany jest kodowaniem bez powrotu do zera (ang. *Non Return to Zero* — NRZ), a drugi — z powrotem do zera (ang. *Return to Zero* — RZ). Obie metody wykorzystywane są w światłowodach.

**Rysunek 2.4.**

Kodowanie sygnału NRZ i RZ, gdzie  $T_0$  jest szerokością szczeliny czasowej przeznaczoną dla 1 bitu, a  $T_1$  i  $T_3$  to czas trwania impulsu



W kodowaniu RZ pojedynczy bit równy 1 reprezentowany jest przez niezależny impuls, natomiast przy metodzie NRZ sąsiadujące wartości 1 tworzą odpowiednio dłuższy impuls łączny. Kodowanie NRZ zapewnia efektywne wykorzystanie szerokości pasma, zaś technika RZ zwiększa szerokość pasma dwukrotnie (uzyskujemy większą liczbę zmian wartości sygnału).

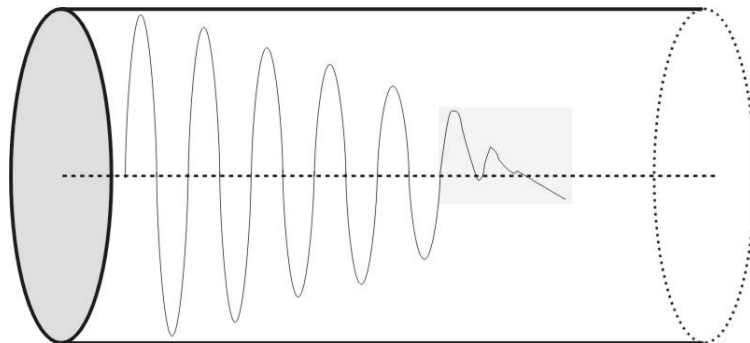
Z pojęciem sygnału nierozzerwalnie wiążą się poniższe terminy.

**Tłumienie sygnału** — to nic innego jak zmniejszenie siły sygnału.

**Zniekształcenie sygnału** — jest to dość groźne zjawisko, które polega na niepożądaną zmianę charakterystyki sygnału (kształtu).

Na rysunku 2.5 widać sygnał analogowy (sinusoidalny) gasnący. W ostatniej fazie (zaciemniony prostokąt) jest on wyraźnie zniekształcony w stosunku do pierwotnej sinusoidy. W celu przywrócenia początkowej siły sygnału należy zastosować wzmacniacz. Powinno się go podłączyć w takim odcinku kabla, aby sygnał jeszcze nie był poddany zniekształceniu.

**Rysunek 2.5.**  
*Sygnał analogowy*



Uwaga

Więcej informacji na ten temat umieściłem w rozdziale 6. „Odbiór systemu okablowania”. Omawiam w nim aspekty związane z pomiarami przewodów, a także całych linii transmisyjnych.

## System binarny

Dwójkowy system liczbowy jest powszechnie wykorzystywany w informatyce. Do zapisu liczb potrzebujemy tylko dwóch znaków: 0 i 1 (L i H). W pozycyjnych systemach liczbowych liczby zapisuje się jako ciągi cyfr. Aby obliczyć wartość liczby dziesiętnej zapisanej w systemie binarnym, musimy pomnożyć wszystkie cyfry z ciągu przez wartość kolejnej potęgi liczby stanowiącej podstawę systemu, a następnie uzyskane w ten sposób wartości poddać operacji sumowania.

Ciąg cyfr 1100 w systemie binarnym odpowiada liczbie 12 podanej dziesiętnie.

Obliczamy to w następujący sposób:

$$(1100)_2 = (1x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0) = 8+4+0+0 = (12)_{10}$$

Dodatkowe dwa przykłady:

$$(10110)_2 = (1x2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0) = 16+0+4+2+0 = (22)_{10}$$

$$(11000000)_2 = (1x2^7 + 1x2^6 + 0x2^5 + 0x2^4 + 0x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0) = (192)_{10}$$

Najprostszą metodą uzyskania notacji binarnej z systemu dziesiętnego jest wykonywanie dzielenia przez 2 liczby przekształcanej oraz zapisywanie reszty z operacji.

Przeliczmy liczbę  $(48)_{10}$  na system dwójkowy:

Wynik	Dzielnik	Reszta
48	$\div 2$	0
24	$\div 2$	0
12	$\div 2$	0
6	$\div 2$	0
3	$\div 2$	1
1	$\div 2$	1

Wartości z kolumny *Reszta* odczytujemy, zaczynając od dołu. Uzyskany w ten sposób ciąg stanowi zapis dwójkowy liczby  $(48)_{10} = (110000)_2$ .

Rozważmy jeszcze jeden przykład. Niech będzie to liczba  $(127)_{10}$ .

Wynik	Dzielnik	Reszta
127	$\div 2$	1
63	$\div 2$	1
31	$\div 2$	1
15	$\div 2$	1
7	$\div 2$	1
3	$\div 2$	1
1	$\div 2$	1

Liczbie  $(127)_{10}$  odpowiada zapis  $(1111111)_2$ .

Sprawne posługiwanie się systemem binarnym wymaga biegłości w potęgowaniu liczby 2, gdyż jest ona podstawą potęgowania (np.  $1024 = 2^{10}$ ). Z uwagi na to, iż najłatwiejsze rzeczy sprawiają nieprzewidywalnie dużo problemów, w tabeli 2.1 zawarłem przykładowe potęgi liczby dwa.

**Tabela 2.1.** Popularne potęgi liczby 2

Potęga liczby 2	Wartość
$2^0$	1
$2^1$	2
$2^2$	4
$2^3$	8
$2^4$	16
$2^5$	32
$2^6$	64
$2^7$	128
$2^8$	256
$2^9$	512
$2^{10}$	1024
$2^{16}$	65536
$2^n$	$2^n$

Przed przystąpieniem do omawiania elementarnych podstaw teoretycznych cyfrowych układów logicznych czuję się zobowiązany do wprowadzenia terminu *bit* i *bajt*.

Bit jest symbolem występującym tylko w dwóch wartościach (0 lub 1). Słowo 1-bitowe może przesyłać maksymalnie dwie różne informacje. Bajt jest grupą 8 bitów i pozwala reprezentować 256 różnych informacji.

Informacja jest wartością (kombinacją znaków) przesyłaną w słowie bitowym. Słowo 3-bitowe umożliwia przesłanie 8 ( $2^3$ ) różnych informacji. 3 bity dają osiem kombinacji wartości słowa (tabela 2.2).

**Tabela 2.2.** Kombinacje znaków dla słowa 1-, 2- i 3-bitowego

1 bit	2 bity	3 bity
0	00	000
1	01	001
	10	010
	11	011
		100
		101
		110
		111

Wielokrotności (mnożniki) dla jednostek bit i bajt przedstawiłem w tabeli 2.3.

**Tabela 2.3.** Wielokrotności pojedynczego bitu

Wielokrotność	bit	bajt
kilo = $1024 = 2^{10}$	kb (kilobit)	kB (kilobajt)
mega = $1048576 = 2^{20}$	Mb (megabit)	MB (megabajt)
giga = $1073741824 = 2^{30}$	Gb (gigabit)	GB (gigabajt)
tera = giga * $1024 = 2^{40}$	Tb (terabit)	TB (terabajt)

Adres sieci w IPv4 składa się z 32 bitów. W celu zachowania przejrzystości zapisu oddziela się je kropką co osiem znaków. Adres IPv6 oparty jest na 128 bitach, a co za tym idzie, umożliwia przydzielenie znacznie większej liczby adresów. Teoretycznie rzecz ujmując, IPv4 pozwala na zaadresowanie maksymalnie 4 294 967 296 maszyn ( $2^{32}$ ). Oczywiście nie wszystkie kombinacje można wykorzystać, ale jest to temat do osobnych rozważań. Analogicznie IPv6 daje 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 różnych kombinacji ( $2^{128}$ ).

Popełniłbym duży błąd, gdybym wspominając o adresach IP, nie podał przykładu przeliczenia ich z systemu dziesiętnego na binarny. Ta umiejętność zawsze się przyda.

Rozwiążmy następujące zadanie dla IPv4: **192.168.171.123**.

$$(192)_{10} = (11000000)_2$$

$$(168)_{10} = (10101000)_2$$

$$(171)_{10} = (10101011)_2$$

$$(123)_{10} = (01111011)_2$$

Tak więc adres IP 192.168.171.123 w notacji dwójkowej wygląda następująco: 11000000.10101000.10101011.01111011.

Przytoczyłem podstawowe informacje na temat natury sygnału cyfrowego oraz systemu liczb dwójkowych. Wiedza ta będzie niezbędna podczas dalszych rozważań.

## Algebra Boole'a

W związku z faktem, iż sygnał cyfrowy przyjmuje dwie wartości logiczne, niezbędne jest zapoznanie się z podstawowymi elementami algebry Boole'a. Operuje ona zmiennymi dwuwartościowymi (0 oraz 1). Wynikami jej funkcji (operacji) są zawsze elementy 0 i 1. W logice dodatniej 1 reprezentuje prawdę, natomiast w logice ujemnej — fałsz (tabela 2.4).

**Tabela 2.4.** Wartości logiczne a poziomy

LOGIKA	Poziom L	Poziom H
Dodatnia	0	1
Ujemna	1	0

Oto trzy podstawowe operacje boole'owskie (tabela 2.5):

- ◆ suma logiczna:  $a \vee b$ ;
- ◆ koniunkcja (iloczyn logiczny):  $a \wedge b$ ;
- ◆ negacja logiczna (dopełnienie):  $\bar{a}$ .

**Tabela 2.5.** Tabela prawdy

Wartość funktora		$a \vee b$	$a \wedge b$	$\bar{a}$
a	b			
0	0	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	1	0

Pojedyncze funkcje logiczne realizowane są przez elementy zwane bramkami logicznymi.

Jeśli na wejściu bramki *OR* (suma) pojawi się sygnał 1 i 1, to w wyniku przeprowadzonej operacji logicznej na wyjściu uzyskamy wartość 1. Analogicznie odbywa się to w innych bramkach realizujących typowe funkcje.

### **Dlaczego umiejętność posługiwania się fundamentalnymi funkcjami logicznymi jest tak ważna?**

Dysponujemy argumentami logicznymi (0 i 1), za pomocą których możemy określać stany poszczególnych elementów cyfrowych. W teorii wszystkie funkcje logiczne można zrealizować przy użyciu tylko trzech podstawowych operacji: negacji, sumy i iloczynu.

Tego się jednak nie praktykuje, gdyż układy logiczne byłyby zbyt rozbudowane, a tym samym — drogie. W praktyce stosuje się „gotowe” elementy z zaimplementowanymi funkcjami podstawowymi oraz operacjami bardziej złożonymi. Obowiązkiem inżyniera jest znać efekt (wynik) zestawienia ze sobą kilku układów cyfrowych.

Jednak nie jest to jeszcze pełny obraz zasadności stosowania rachunku zdań.

Załóżmy, że mamy system automatycznego wyłączania światła. Czujnik (jako moduł logiczny) podaje sygnał 1 oznaczający, że na dworze jest jasno. Wypadałoby wyłączyć oświetlenie. Jednak sprawdziliśmy, że nasz automatyczny wyłącznik zareaguje na niski poziom napięcia 0. Musimy zmienić sygnał z 1 na 0. W tym momencie przychodzi z pomocą układ dokonujący negacji logicznej.

Od razu można sobie wyobrazić kod binarny ramki Ethernet — rozpisanie go na papierze jest wręcz niewykonalne. Z pewnością nie jesteśmy ascetami i nie będziemy się dobrowolnie umartwiać. Rynek oferuje szereg doskonałych urządzeń, które są przeznaczone do ściśle określonych technologii transmisji.

Doskonałym przykładem są światłowodowe linie teleinformatyczne. Firmy, dysponując kilkoma włóknami światłowodowymi, potrafią zapewnić dostęp do Internetu oraz łączność głosową między państwami. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu komutacyjnych układów służących do łączenia i przełączania sygnałów cyfrowych, czyli układów kombinacyjnych.

**Multiplexer** — służy do „złączania” szeregu informacji w jeden sygnał, który będzie przesyłany pojedynczym kanałem transmisyjnym.

**Demultiplexer** — jak łatwo rozszyfrować, pełni funkcję odwrotną do multiplexera.

**Koder** — wywołuje proces formowania informacji do postaci cyfrowej. Proces ten nazywa się kodowaniem.

**Dekoder** — urządzenie to umożliwia odczytanie zakodowanej informacji.

Proces kodowania sygnału analogowego nazywamy modulacją, jeżeli nośnikiem informacji jest przebieg zmienny (np. sinusoidalny). Demodulacja jest procesem dekodowania sygnału dyskretnego.

## **Wprowadzenie do układów cyfrowych**

Układ cyfrowy jest elementem elektronicznym, który realizuje operacje zgodnie z algebrą Boole’a. Procesor jest zaawansowanym układem logicznym.

Na poniższym diagramie (rysunek 2.6) przedstawiam przykładowy system, który wykorzystuje cyfrowy układ logiczny. Czujnik odbiera sygnał A zawierający informację, iż pada deszcz. Następnie przekazuje dalej parametr B (sygnał analogowy) do układu wejścia, ten zaś przetwarza sygnał analogowy na cyfrowy (A/C) i podaje wartość logiczną na wejście układu negocjacyjnego. Układ logiczny podejmuje decyzję (algebra Boole'a). Przetworzony sygnał D jest podawany w postaci logicznej na wyjście układu (E). Układ sterujący wykonuje otrzymaną komendę, np. zamknięcie okien w budynku (F).



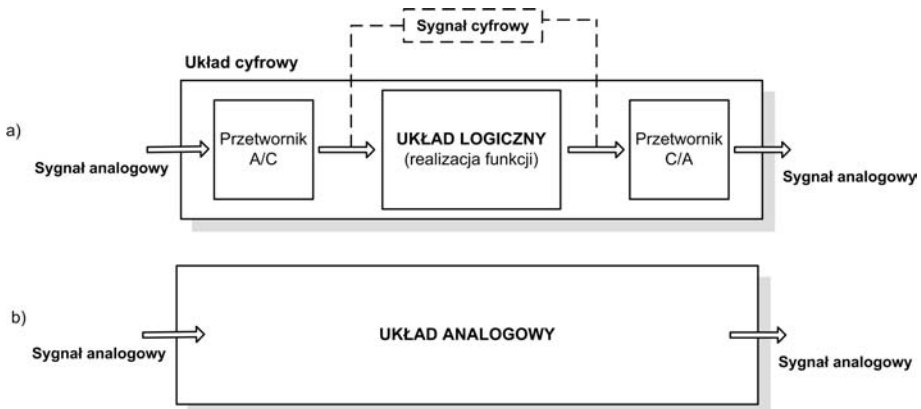
**Rysunek 2.6.** Przykładowy system z wykorzystaniem układu logicznego

Założmy, że układ logiczny realizuje funkcję *NOT*. Wartość 1 parametru C oznacza wykrycie opadów deszczu; analogicznie 0 określa ich brak. Układ decyzyjny otrzyma wartość 1, która na wyjściu będzie już wynosić 0. Zero dla układu sterującego oznacza podjęcie określonego działania.

Przełożmy ten przykład na system wykrywania pożaru. Czujnik odbiera sygnał o zadymieniu. Układ logiczny otrzymuje bit równy 0. Negocjuje wynik i podaje do układu sterującego wartość 1, która stanowi sygnał do zwolnienia blokady (uruchomienia) systemu gaśniczego.

Powyższe dwa przypadki są oczywiście niezmiernie proste, aczkolwiek wystarczające do pokazania możliwości zastosowania układów kombinacyjnych.

Na rysunku 2.7 zamieściłem poglądowy schemat przetwarzania sygnałów ciągłych w układach cyfrowych i analogowych. Informacja analogowa przed przetworzeniem w układzie logicznym musi zostać przetworzona na postać cyfrową (przetwornik A/C). Następnie poddawana jest właściwemu przetworzeniu i przywracana do postaci analogowej (przetwornik C/A).

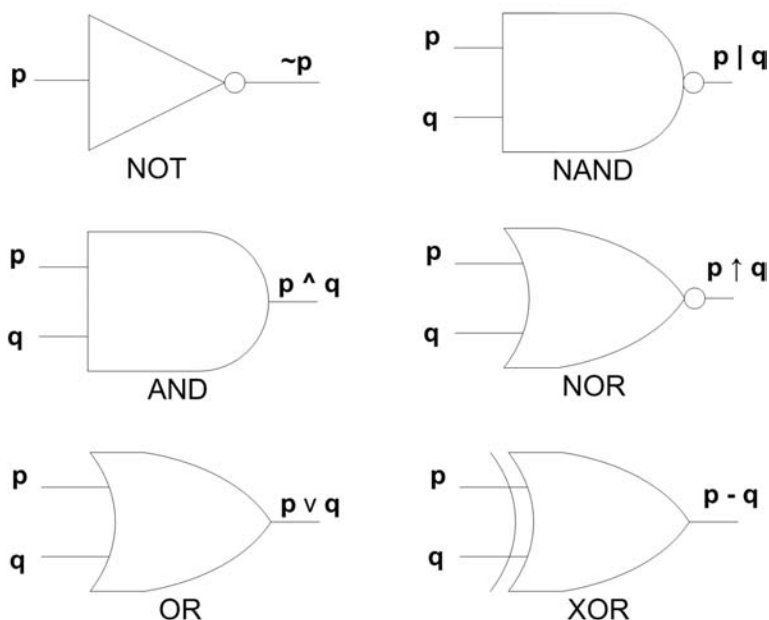


**Rysunek 2.7.** Schemat przetwarzania sygnału w układzie a) cyfrowym; b) analogowym

Układy cyfrowe są monolityczne i realizują jedną funkcję lub więcej. Opisuje się je za pomocą bramek logicznych. Zestawienie elementarnych symboli funkcyjnych zamieściłem na rysunku 2.8.

**Rysunek 2.8.**  
*Symbole podstawowych  
bramek logicznych*

**Symbol funkcyjnego  
wg MIL-STD-806B**



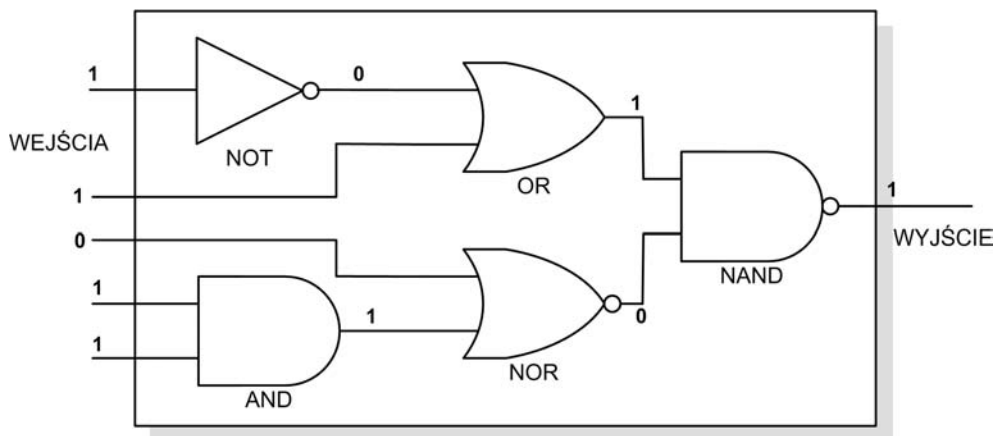
Każda bramka realizuje jakąś funkcję. Wynik operacji zależy od kombinacji danych wejściowych. Rezultaty działań ujęte są w tzw. tabeli prawdy dla bramki (zestawienie w tabeli 2.6).

**Tabela 2.6.** *Tabela prawdy dla podstawowych operacji logicznych*

$p$	$q$	<b>NOT <math>p</math></b>	<b>NOT <math>q</math></b>	<b><math>p</math> AND <math>q</math></b>	<b><math>p</math> OR <math>q</math></b>	<b><math>p</math> NAND <math>q</math></b>	<b><math>p</math> NOR <math>q</math></b>	<b><math>p</math> XOR <math>q</math></b>
0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1	0	0	0

Poniższy diagram (rysunek 2.9) to przykładowy układ logiczny zbudowany w oparciu o pięć bramek. Do układu dociera kombinacja pięciu różnych parametrów wejściowych. Na tej podstawie zostaje wynegocjowany stan logiczny na wyjściu układu.





**Rysunek 2.9.** Przykładowy układ cyfrowy

W tym rozdziale dowiedzieliście się, jakimi cechami charakteryzuje się sygnał analogowy i cyfrowy. Przeczytałem także podstawowe informacje dotyczące przekształcania sygnału A/C.

Powinniście posiadać już umiejętność identyfikacji bitu (impulsu) oraz przeliczania liczb systemu dziesiętnego na dwójkowy.

Poznaliście podstawy algebry Boole'a, układów logicznych i techniki cyfrowej. Ta minimalna wiedza jest niezbędna do dalszego zgłębiania tajników systemu okablowania strukturalnego.

Wicie już, że sieć może być przyczyną błędnego zinterpretowania stanu bitu. Jeżeli nadajnik wyśle wartość 0, a odbiornik zaklasyfikuje ją jako 1, powstanie błąd logiczny. W takim przypadku na wejściach układów cyfrowych pojawi się zafalszowany parametr sterujący. Skutkować to będzie złym wynikiem na wyjściu układu.

Projektując sieci teleinformatyczne, nie musicie być ekspertami z dziedziny budowy cyfrowych układów urządzeń elektronicznych. Nad tym pieczę mają inżynierowie pracujący przy budowie takowego sprzętu. Jednak nie jesteście całkowicie zwolnieni z posiadania elementarnej wiedzy w tej materii. Podczas pracy zawodowej będziecie mieli styczność z różnymi systemami. Może się zdarzyć, iż w sieci będą pracować urządzenia (maszyny) sterowane cyfrowo. Skutki wykonania błędnego polecenia (niezamierzonego przez operatora) mogą być tragiczne. Wcześniej wspomniałem o złym wyniku na wyjściu układu cyfrowego, który w naszym przykładzie może być komendą wejściową dla maszyny.

Oczywiście problem jest o wiele bardziej skomplikowany, a w dodatku można go rozwiązywać w oparciu o rachunek prawdopodobieństwa, wyliczając szansę wystąpienia akurat takiej kombinacji sygnałów, która będzie zgodna z jakimś poleceniem. W innym przypadku urządzenie powinno zgłosić błąd sterowania. Dywagacje teoretyczne warto odłożyć na bok. Wypadki z natury są niezamierzone. Często ich przyczyną jest splot różnych okoliczności.

Każda dodatkowa wiedza pozwala oddalić od systemu potencjalne zagrożenie dla środowiska pracy i przetwarzanych danych.

W dalszej części książki napiszę, jak zabezpieczyć urządzenia oraz system okablowania strukturalnego przed czynnikami wpływającymi negatywnie na jakość oraz spójność i ciągłość sygnału.

## Kable miedziane

Kable miedziane dzielą się na dwie podstawowe grupy:

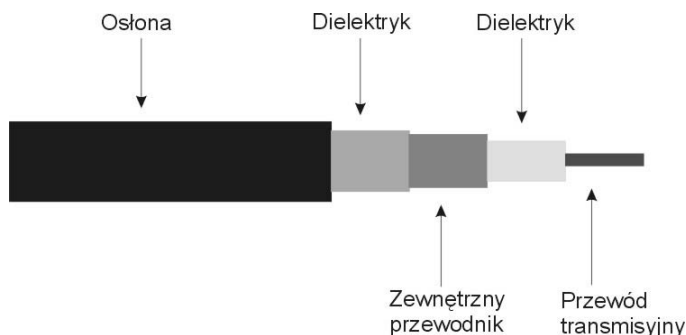
- ♦ kable koncentryczne,
- ♦ kable skręcane (czteroparowe lub wieloparowe).

### Kable koncentryczne

Kable te praktycznie wyszły już z użycia w sieciach teleinformatycznych. Przedstawię jednak ich krótką charakterystykę ze względu na to, iż podczas prac administracyjnych gdzieś jeszcze możemy się na nie natknąć.

Jeśli staniemy oko w oko z siecią opartą na przewodach BNC, należy zastosować procedurę awaryjną — uciekamy! Oczywiście żartowałem. Ta archaiczna dziś technologia w przeszłości stanowiła podstawę większości sieci komputerowych. Z takim kablem możemy się jeszcze czasem spotkać w sieciach osiedlowych. Często za jego pomocą wykonywano „przerzutki” na sąsiedni blok. Z powodzeniem jest także stosowany w sieciach telewizji kablowych. Na rysunku 2.10 przedstawiam klasyczną budowę przewodu BNC.

**Rysunek 2.10.**  
*Kabel koncentryczny*  
— budowa



Przewód koncentryczny obsługuje dwie technologie Ethernet:

- ♦ 10Base-2 („cienki” Ethernet) — grubość kabla  $\frac{1}{4}$ ”.
- ♦ 10Base-5 („gruby” Ethernet) — grubość przewodu  $\frac{1}{2}$ ”.

Kabel koncentryczny ma impedancję falową o wartości  $50 \Omega$ , dlatego też sztuczne obciążenie (terminator) zamykające magistralę także powinno mieć rezystancję  $50 \Omega$ . Terminatory winny być też uziemione — do tego celu służą specjalne łączuszki.

Sieci wykonywane przy wykorzystaniu kabla koncentrycznego funkcjonują w topologii magistrali. Stacje przyłączane są do sieci za pomocą trójnika. Jest to element, który ma trzy końcówki BNC. Jedną podłączamy do karty sieciowej, natomiast do drugiej i trzeciej podłączamy lewy i prawy segment sieci.

Kabel koncentryczny ma kilka podstawowych wad. Oto one:

- ◆ Słaba skalowalność — jeżeli chcemy podłączyć nową stację, jesteśmy zmuszeni przeciąć segment, aby zaimplementować dodatkowy trójnik.
- ◆ Ograniczenie szybkości transmisji do 10 Mb/s.
- ◆ W przypadku uszkodzenia kabla zazwyczaj unieruchomiony jest cały segment (domena kolizji).

Pewną zaletą jest natomiast możliwość instalacji dość długich segmentów. W przypadku „cienkiego” Ethernetu jest to 185 m, a „grubego” — 500 m.

## Kable UTP

Kable UTP (ang. *Unshielded Twisted Pair*) stanowią najpopularniejszy środek transmisji danych w sieciach LAN. Jak wcześniej wspomniałem, w wyniku standaryzacji tego typu przewody obsługują całą gamę systemów teleinformatycznych — są to kable uniwersalne. Najczęściej służą do budowy okablowania poziomego. Popularna skrętka zawdzięcza swą nazwę splotowi norweskiemu, w którym żyła nadrzędna i podrzędna skręcone są ze sobą wokół wspólnej osi (rysunek 2.11).

**Rysunek 2.11.**  
Splot dwóch żył kabla  
UTP (Molex)



Przewody UTP zostały sklasyfikowane według kategorii. W standardzie ISO podziału dokonano za pomocą liter (A, B, C, D, E, F), a standard EIA/TIA klasyfikuje wydajność przy użyciu cyfr (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). Więcej informacji o normach dotyczących kabli oraz całego systemu okablowania umieściłem w rozdziale poświęconym tej tematyce.

Pojęcia klasy i kategorii nie są równoznaczne. Pojęcie kategorii (np. 5., 6., 7.) odnosi się do pojedynczego elementu sieci pasywnej (kabla, gniazda, złącza, krosownicy itd.), natomiast klasa tyczy się całej sieci strukturalnej, która jest rozpatrywana pod względem wymogów aplikacji. Tak więc stosując elementy kategorii 5., możemy osiągnąć klasę D dla całego systemu, ale nie musimy. W „złej” wykonanej instalacji istnieje prawdopodobieństwo, iż nie osiągniemy wymogów norm dotyczących interesującej nas

klasy. Przyczyn takiego stanu rzeczy może być wiele, począwszy od złego projektu i doboru niskiej jakości elementów, a skończywszy na nieprecyzyjnym i wadliwym wykonaniu systemu okablowania.

Z uwagi na fakt, iż w środowisku inżynierskim powszechnie stosuje się nomenklaturę EIA/TIA, właśnie ona będzie nadawała ton dalszemu opisowi. Kategoria kabla określa jego parametry, a tym samym wydajność (tabela 2.7).

**Tabela 2.7.** Klasy kabli UTP

Kategoria		Opis	Przykładowy standard
ISO	EIA/TIA		
	1	Kabel przeznaczony do systemów telefonicznych. Nie wykorzystujemy go do transmisji danych.	
	2	Dwie pary przewodów; maksymalna częstotliwość 4 MHz (modem, głos).	PPP
	3	Maksymalna częstotliwość 10 MHz. Przewód składa się z czterech par skręconych ze sobą żył.	10Base-T
C	4	Cztery pary żył. Częstotliwość do 16 MHz.	
D	5	Cztery pary przewodów. Transmisja do 100 MHz.	100Base-TX
D+	5e	Ulepszona kategoria 5. Gwarantuje transmisję z szybkością 1000 Mb/s.	1000Base-T
E	6	Częstotliwość do 250 MHz.	1000Base-T
F	7	Częstotliwość do 600 MHz	1000Base-T

W celu zachowania przejrzystości postanowiłem w tym rozdziale wymienić tylko kategorie kabli skręconych. Szczegółowe opisy i parametry przewodów umieściłem w rozdziale poświęconym normom okablowania strukturalnego. Instytucje standaryzujące publikują biuletyny, na których podstawie producenci okablowania i sprzętu projektują swoje produkty. Innymi słowy, dokonując zakupu potrzebnych elementów, musimy zwrócić uwagę na ich kategorię, np. 5. według EIA/TIA. Decydując się na standard sieci LAN, automatycznie mamy określoną minimalną kategorię kabla UTP lub rodzaj światłowodu. Cała sztuka polega na tym, aby zastosować przewód obsługujący zarówno obecną technologię, jak i przyszłą. Najbezpieczniej będzie zapomnieć o posługiwaniu się przewodami kategorii niższej niż 6.! Zagwarantuje to bezpieczną migrację ze standardu 100Base-TX do 1000Base-T. Całkiem przyjemnie będzie wymienić tylko karty sieciowe i urządzenia aktywne, zamiast dodatkowo wrywać przewody ze ścian. Inwestorom z reguły zależy na redukcji kosztów, a projektanci i instalatorzy, gdy chcą być konkurencyjni na rynku, muszą również przestrzegać powyższej zasady — minimum stanowi kategoria 6. Zagwarantuje to spójność danych i integralność całego systemu.

Kładąc na szale wady i zalety stosowania przewodów UTP co najmniej kategorii 6., robimy to tylko w celach informacyjnych. Warto mieć świadomość, jakimi atutami (możliwościami) dysponujemy, a co nas ogranicza.

Oto zalety UTP kategorii 6.:

- ◆ Skrętka 5e jest stosunkowo ekonomicznym medium.
- ◆ Nie przysparza trudności podczas dołączania terminatorów (o ile umie się to poprawnie zrobić, co nie jest zbyt skomplikowane).
- ◆ Obsługuje wiele standardów sieciowych (Ethernet, ATM, FDDI).
- ◆ Umożliwia transmisję do 1000 Mb/s.

Do wad skrętki można zaliczyć:

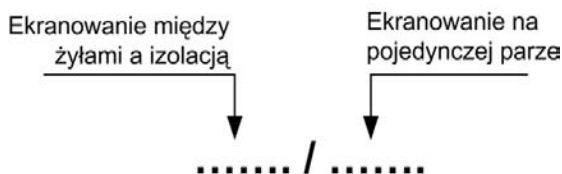
- ◆ podatność na uszkodzenia mechaniczne, szczególnie na zgniecenie np. przez nieuważną, aczkolwiek zgrabną panią sekretarkę,
- ◆ ograniczenie segmentu sieci do 100 m,
- ◆ słabą odporność na zakłócenia przewodów nieekranowanych.

## Praktyczne podejście do przewodów UTP

Przewody skręcane dzielimy na ekranowane i nieekranowane. W zależności od tego, w jakim środowisku przyjdzie funkcjonować wdrażanej instalacji, wybieramy stosowny kabel.

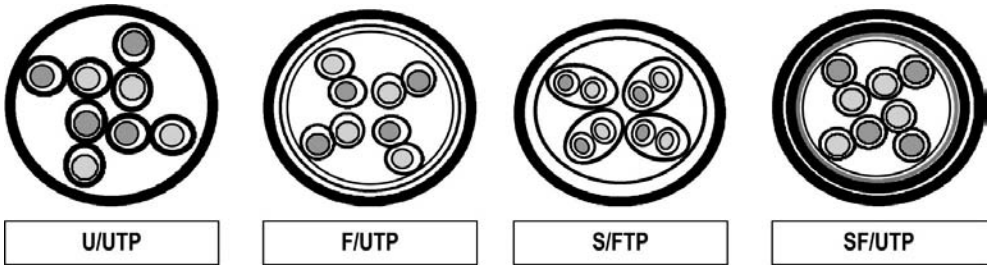
Norma ISO/IEC 11801 w wydaniu drugim z 2002 roku reguluje zasady nazewnictwa kabli instalacyjnych. W tabeli 2.8 przedstawiam zestawienie nowej oraz starej nomenklatury. Pierwszy parametr określa ekranowanie między żyłami a izolacją, natomiast drugi dotyczy ekranu na pojedynczej parze (rysunek 2.12). Na rysunku 2.13 przedstawiłem porównanie czterech typów kabli instalacyjnych.

**Rysunek 2.12.**  
*Nowe nazewnictwo kabli instalacyjnych*



**Tabela 2.8.** *Nowe nazwy przewodów instalacyjnych*

Stara nazwa	Nowa nazwa	Kategoria kabla
UTP	U/UTP	5, 5e, 6
FTP, STP	F/UTP	5, 5e, 6
S-FTP, STP	SF/UTP	5, 5e, 6
S-STP	S/FTP	6, 7

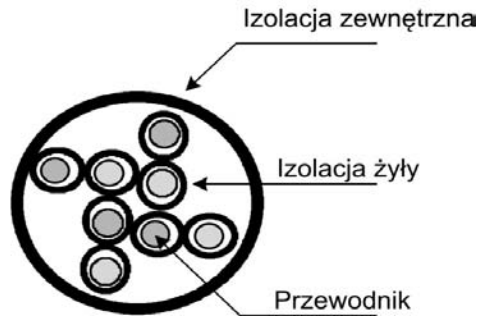


**Rysunek 2.13.** Porównanie kabli miedzianych

Zwykły kabel U/UTP składa się z czterech par przewodów umieszczonych we wspólnej izolacji (rysunek 2.14).

**Rysunek 2.14.**  
Kabel typu U/UTP

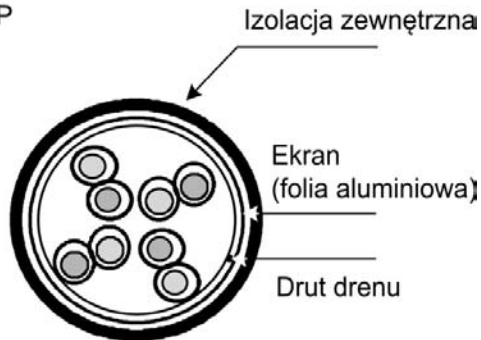
A) U/UTP



Skęćka F/UTP dodatkowo zabezpieczona jest folią aluminiową ekranującą (chroniącą) wszystkie żyły w kablu (rysunek 2.15).

**Rysunek 2.15.**  
Kabel typu F/UTP

B) F/UTP

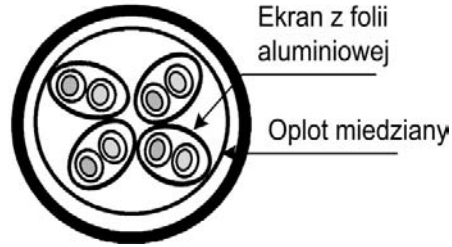


Skęćka S/FTP oprócz folii ekranującej poszczególne pary wyposażona jest dodatkowo w opłot miedziany, który znajduje się bezpośrednio pod izolacją zewnętrzną (rysunek 2.16).

Przewód SF/UTP chroni i ekranuje żyły kabla poprzez cztery warstwy: izolację zewnętrzną, folię ekranującą, opłot miedziany oraz folię poliestrową (rysunek 2.17).

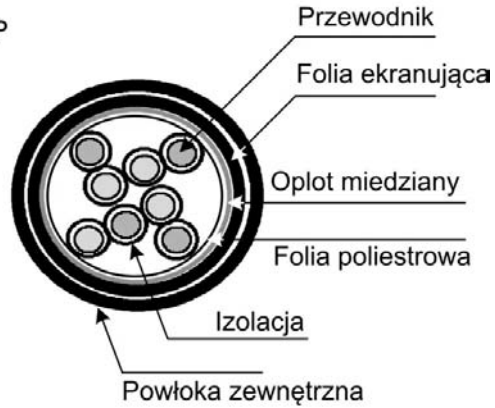
**Rysunek 2.16.**  
Kabel typu S/FTP

C) S/FTP



**Rysunek 2.17.**  
Kabel typu SF/UTP

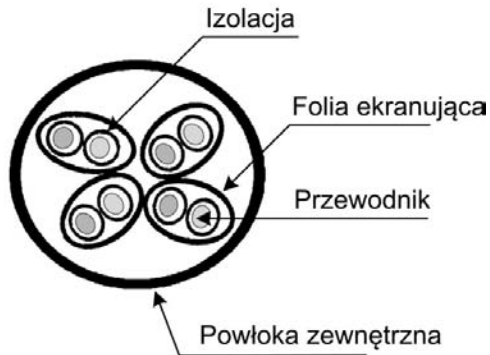
D) SF/UTP



Kabel U/FTP cechuje się osobnym ekranowaniem poszczególnych par (rysunek 2.18).

**Rysunek 2.18.**  
Kabel typu U/FTP

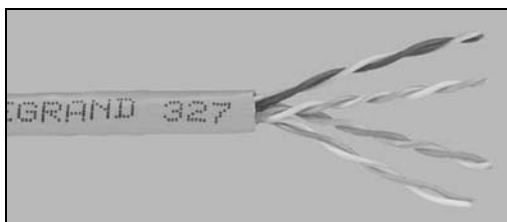
E) U/FTP



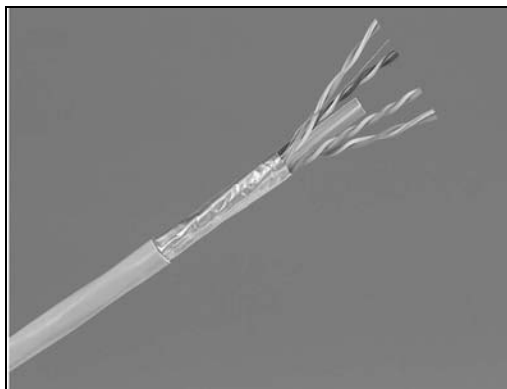
Na rysunku 2.19 przedstawiam przewód U/UTP z widocznym oznaczeniem producenta i wyrażonej w metrach odległości od początku szpuli.

Na rysunku 2.20 doskonale widać ekran (folię) wychodzący spod zewnętrznej izolacji przewodu F/UTP. Analogiczną sytuację dla kabla SF/UTP można zobaczyć na rysunku 2.21.

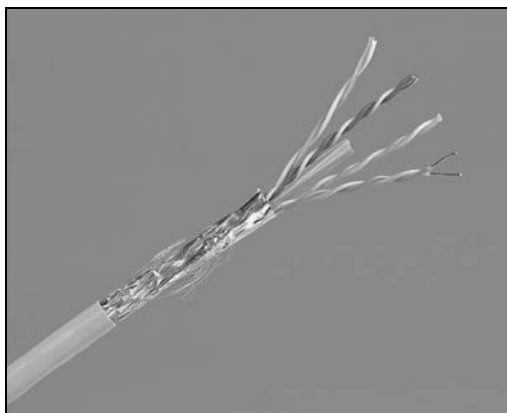
**Rysunek 2.19.**  
Kabel U/UTP  
(Legrand)



**Rysunek 2.20.**  
Kabel F/UTP  
(Legrand)



**Rysunek 2.21.**  
Kabel  
SF/UTP(Legrand)



Bardzo ważną kwestią jest sprawdzenie, czy kable są niepalne i wolne od halogenków (niewydzielające ich). Powłoki przewodów typu LS (ang. *Low Smoke*) wydzielają minimalną ilość dymu. Uzyskujemy przez to około 90% widoczności w trakcie pożaru. Ma to zasadnicze znaczenie podczas akcji ewakuacyjnej i ratowniczej, gdyż trakty komunikacyjne (droga ucieczki) są widoczne (niskie zadymienie). W przypadku powłoki z PVC widoczność ograniczona jest do 10%, co znacznie utrudnia poruszanie się w ciągach komunikacyjnych. Dodatkowo substancje wydzielane w trakcie spalania są szkodliwe dla organizmu. Wielkim zagrożeniem w przypadku PVC jest możliwość przeniesienia się pożaru na inne kondygnacje poprzez przepusty w stropach i ścianach. Tabela 2.9 to zestawienie popularnych kabli instalacyjnych uwzględniające rodzaj dostępnych powłok.



**Tabela 2.9.** Zestawienie popularnych kabli instalacyjnych

Typ kabla	Powłoka kabla	Popularne długości
Kat. 5e U/UTP	PVC i LSOH	500 m szpula, 305 m karton
Kat. 6 U/UTP	PVC i LSOH	500 m szpula
Kat. 6 U/FTP	LSFR0H	500 m szpula
Kat. 5e F/UTP	PVC i LSOH	500 m szpula, 305 m karton
Kat. 5e SF/UTP	PVC i LSFR0H	500 m szpula
Kat. 6 S/FTP	LS0H	500 m szpula
Kat. 7 S/FTP	LSFR0H	500 m szpula

Kable z powłoką LSOH spełniają wymagania ochrony przeciwpożarowej. Mogą — a w zasadzie powinny — być stosowane wewnątrz budynków. Wyróżniamy następujące powłoki typu LS: LSOH (ang. *Low Smoke Zero Halogen*) oraz LSFR0H (ang. *Low Smoke Fire-Resistant Zero Halogen*). Ten pierwszy rodzaj podczas spalania nie wydziela dymu ani trujących halogenków. Powłoka typu LSFR0H dodatkowo posiada właściwości samogasnące — po zniknięciu źródła ognia przewód przestaje się palić. Tabela 2.10 jest zestawieniem rodzajów powłok oraz norm, jakie powinny spełniać.

**Tabela 2.10.** Powłoki przewodów a normy

Powłoka	Norma
PVC	IEC 60332-1 (ang. <i>flame-retardant</i> )
	IEC 601034 (ang. <i>low smoke</i> )
	IEC 60332-1 (ang. <i>flame-retardant</i> )
LS0H	EC 60754-1 (ang. <i>halogen-free</i> )
	IEC 601034 (ang. <i>low smoke</i> )
	IEC 60332-3c (ang. <i>flame-retardant</i> )
LSFR0H	IEC 60754-1 (ang. <i>halogen-free</i> )

Dokonując zakupu kabla UTP, należy zwrócić uwagę na kilka niżej wymienionych elementów.

- ◆ **Parametry elektryczne:** rezystancja, np. podawana w  $\Omega/\text{km}$ , oraz propagacja.
- ◆ **Parametry mechaniczne:** liczba par, średnica przewodnika, średnica przewodnika w izolacji, zewnętrzna średnica kabla, rodzaj powłoki, dopuszczalny promień zgięcia, waga wraz z opakowaniem.
- ◆ **Parametry transmisyjne:** NEXT, PS NEXT, FEXT, ELFEXT, ACR, Return Loss, częstotliwość kabla oraz maksymalne tłumienie.

Oto krótki opis parametrów transmisyjnych.

*Return Loss* to straty odbiciowe. Parametr ten definiuje stosunek mocy sygnału wprowadzanego do medium (toru) transmisyjnego do mocy sygnału odbitego. Sygnał odbity (echo) powstaje na skutek niedopasowania impedancji lub nieregularności w łączu (wady wtyczek i gniazd). Jest to bardzo ważny parametr, który określa poziom szkodliwej fali zwrotnej.

ACR (ang. *Attenuation to Crosstalk Ratio*) to parametr wyliczany, który pośrednio określa jakość kabla. Jeżeli ACR jest mniejsze od 0, odbiornik zinterpretuje szum jako sygnał użyteczny. Transmisja nie zostanie zdekodowana.

Częstotliwość kabla (ang. *frequency*) to parametr wyrażony w MHz.

Maksymalne tłumienie (ang. *max. attenuation*) — wartość wyrażana w dB/100 m.

NEXT (ang. *Near-End Crosstalk*) jest to przesłuch zbliżony między dwoma parami skrętek znajdującymi się w tym samym kablu. Określa on różnicę mocy sygnału nadawanego w parze zakłócającej i sygnału powstałego w parze zakłócanej. Pomiar NEXT jest dokonywany po stronie nadajnika w torze transmisyjnym. Parametr ten mierzony jest w decybelach (dB).

PS NEXT (ang. *Power Sum NEXT*) to parametr określający przesłuch NEXT skumulowany (indukowany) w jednej parze, odzwierciedlający wpływ na nią sumy sygnału trzech pozostałych par skrętek.

FEXT (ang. *Far-End Crosstalk*) to przesłuch zdalny. Pomiaru tego parametru dokonuje się na końcu linii transmisyjnej, przy odbiorniku. Jego wartość jest zależna od tłumienia — długości toru.

ELFEXT (ang. *Equal-Level Far End Crosstalk*) to różnica między wartością FEXT a wartością tłumienia dla określonego toru transmisyjnego. Nie zależy od długości linii.

Nierozzerwalnie z kablami UTP wiążą się terminy sekwencji i polaryzacji. Sekwencja oznacza porządek żył kabla, a polaryzacja definiuje kształt gniazd i wtyczek. Więcej informacji na ten temat znajduje się w rozdziale 3.



Uwaga

Uziemienie przewodów ekranowanych jest niezbędnym warunkiem skutecznego wykonania okablowania F/UTP. Ekran kabla wychwytuje wszelkie zakłócenia napływające z zewnątrz. W przypadku braku uziemienia nie odprowadzi ich do potencjału (ziemi). Nieprawidłowe uziemienie będzie źródłem prądu wyrównawczego, który popłynie przez ekran. Wtedy wydajność kabla F/UTP może spaść poniżej poziomu przewodu U/UTP. Dlatego też wymagana jest częsta konserwacja punktów uziemienia (dla sygnału cyfrowego są to maksymalnie trzy punkty na jedną linię transmisyjną), gdyż na łączach mechanicznych może wystąpić zjawisko korozji galwanicznej (w miejscach połączenia różnych metali).

# Światłowody

Gratuluje zainteresowania tym niezmiernie ciekawym i wdzięcznym medium. Światłowody (ang. *Fiber Optic Cable*) stanowią przyszłość teleinformatyki i nikt nie neguje konieczności migracji w tym kierunku. Być może wkrótce kable światłowodowe zastąpią większość kabli miedzianych w infrastrukturach informatycznych.

Dlaczego światłowód? Do najczęściej wymienianych powodów możemy zaliczyć:

- ◆ dużą przepustowość;
- ◆ odporność na zakłócenia (elektromagnetyczne);
- ◆ bezpieczeństwo sygnału (stosunkowo trudno „podслуchać” dane przesyłane światłowodem);
- ◆ większą długość segmentów sieci (lub odległość między wzmacniaczami); jest to wynikiem dużo niższego poziomu tłumienia w porównaniu z kablami UTP;
- ◆ bezpieczeństwo przyszłego rozwoju sieci;
- ◆ obsługę wielu technologii transmisji;
- ◆ brak iskrzeń i zwarć;
- ◆ niezawodność;
- ◆ relatywnie małe wymiary i masę;
- ◆ skalowalność.

W tabeli 2.11 zawarłem typowe długości linii transmisyjnych w zależności od zastosowanego medium bez konieczności wzmacniania sygnału. Zestawione wartości są odbiciem zaleceń instalacyjnych firmy Molex Premise Networks®.

**Tabela 2.11.** *Odległości między wzmacniaczami*

Medium	Odległość bez wzmacniania sygnału
Przewód miedziany	1,1 km
Kabel światłowodowy MM (850 nm)	12 – 15 km
Kabel światłowodowy MM (1300 nm)	25 – 35 km
Kabel światłowodowy SM (1310 nm)	50 – 80 km
Kabel światłowodowy SM (1550 nm)	150 – 2500 km

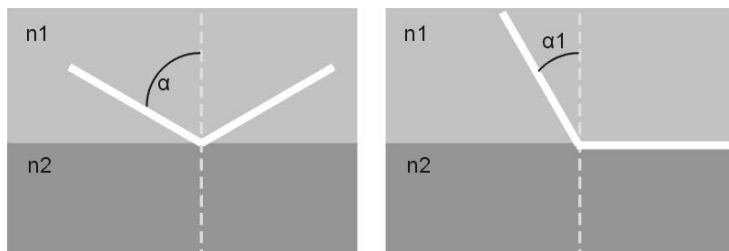
Żeby zrozumieć sens i zasadę działania owego medium, musimy przypomnieć sobie kilka podstawowych praw fizyki.

Jak wiadomo, włókna kabli światłowodowych przenoszą wyższe częstotliwości spektrum elektromagnetycznego, czyli światło. Stąd pochodzi ich nazwa — kable światłowodowe. Dzięki temu zapewniana jest największa szybkość transmisji. Odbywa się ona za pomocą „sygnału świetlnego”, który propagowany jest we włóknach światłowodu. Jednak zanim trafi on do takiego kanału, musi zostać zamieniony z postaci elektrycznej

w impuls świetlny. Dokonuje tego nadajnik (ang. *optical transmitter*). Po dotarciu do celu impuls jest odbierany przez odbiornik (ang. *optical receiver*) i przekształcany na sygnał elektryczny.

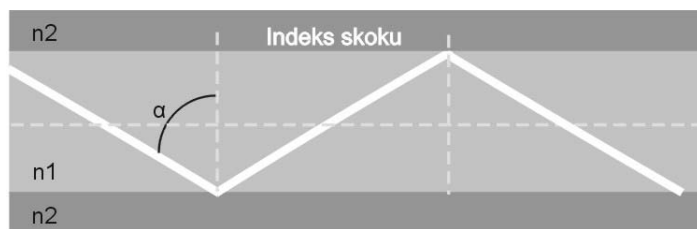
Propagacja sygnału (rozchodzenie się) oparta jest na prawie załamania (odbicia). Zjawisko całkowitego odbicia wewnętrznego stanowi klucz do zrozumienia zasady działania światłowodu. Polega ono na całkowitym (wewnętrznym dla włókna) odbiciu promienia świetlnego. Jest to możliwe przy zastosowaniu odpowiedniego kąta  $\alpha$  „wejścia” impulsu do włókna. Zjawisko odbicia zachodzi na granicy dwóch środowisk o różnym współczynniku załamania  $n$  (rysunek 2.22).

**Rysunek 2.22.**  
Zjawisko odbicia



Proces transmisji przez światłowód rozpoczyna się od prawidłowego „wstrzelenia” impulsu (pod odpowiednim kątem). Następnie promień „wędruje” aż do napotkania na swojej drodze środowiska o innym współczynniku załamania (płaszcz włókna,  $n_2$ ). Odbija się od niego i pokonuje drogę wewnątrz włókna aż do napotkania ponownie innego środowiska. Cała transmisja polega na nieustannym (wewnętrznym) odbijaniu się impulsu, dopóki nie osiągnie on celu (rysunek 2.23).

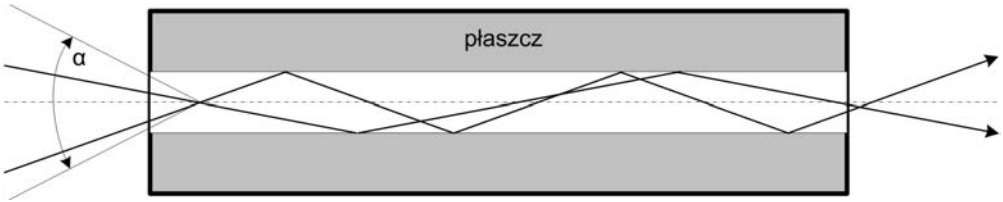
**Rysunek 2.23.**  
Zasada działania światłowodu



Kąt krytyczny  $\alpha$  jest minimalnym kątem między nakreśloną linią prostopadłą do powierzchni ośrodka a promieniem padającym, przy którym zachodzi jeszcze zjawisko całkowitego odbicia — jest to apertura numeryczna.

Indeks skoku (kroku) określa długość odcinka światłowodu, jaką przebywa impuls bez odbicia wewnętrznego.

Rysunek 2.24 to ilustracja zasady działania światłowodu wielomodowego. Parametr  $\alpha$  określa maksymalny kąt, pod którym można wprowadzić światło przy jednoczesnym zachowaniu całkowitego odbicia wewnętrznego. Po przekroczeniu tej wartości włókno nie spełni swojej roli. Nastąpi zjawisko nazywane w fizyce odbiciem, czyli nagłą zmianą kierunku rozchodzenia się fali na granicy dwóch ośrodków, tak iż pozostaje ona wewnątrz ośrodka (włókna), w którym się rozchodzi. Światłowody często nazywane są falowodami.



**Rysunek 2.24.** Zasada działania włókna wielomodowego

Najważniejszym elementem systemu światłowodowej transmisji danych jest źródło sygnału (światła). W systemach falowodowych najczęściej wykorzystuje się diody laserowe (ang. *Laser Diode* — *LD*) oraz diody elektroluminescencyjne (ang. *Light Emitted Diode* — *LED*). Spośród tej drugiej grupy praktycznie stosowane są trzy rodzaje diod: powierzchniowa, krawędziowa oraz superluminescencyjna.

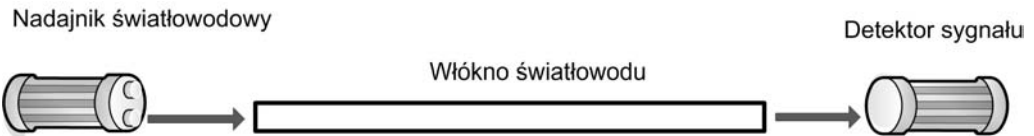
W podstawowej komunikacji optycznej powszechnie wykorzystuje się niewidzialne promieniowanie fal podczerwieni (IR). Zakres ten znajduje się bezpośrednio poniżej częstotliwości światła widzialnego. Są to kolejne okna optyczne:

- ◆ I okno: 850 nm,
- ◆ II okno: 1310 nm,
- ◆ III okno: 1550 nm,
- ◆ IV okno: 1625 nm.

Światło widzialne o długości od 770 nm (czerwone) do 330 nm (niebieskie) nie jest wykorzystywane ze względu na łatwość interferencji z widmem promieniowania słonecznego.

Wprowadzając sygnał do światłowodu, należy upewnić się, czy połączenie (styk) źródła z włóknem umożliwia całkowite wewnętrzne odbicie światła (apertura numeryczna).

W transmisji światłowodowej oprócz generatora optycznego i medium niezbędny jest także detektor sygnału (światła). Jako fotodetektor standardowo stosuje się fotodiode PIN (ang. *Positive Intrinsic Negative*) lub fotodiode lawinową APD (ang. *Avalanche Photodiode*). Rysunek 2.25 stanowi ilustrację zasady działania transmisji światłowodowej w oparciu o te trzy podstawowe elementy.



**Rysunek 2.25.** Układ nadawczo-odbiorczy w systemie komunikacji światłowodowej

Największym problemem związanym z kablami światłowodowymi jest zjawisko dyspersji. Mówiąc w poważnym uproszczeniu, polega ono na zniekształceniu (spłaszczeniu) sygnału na wyjściu światłowodu. Powoduje to ograniczenie długości segmentu w technologii Ethernet do 5 km — technologia 100Base-LX (Full-Duplex). Wyróżniamy trzy rodzaje dyspersji.

- ♦ Dyspersja modowa — przyczyną jej powstawania jest różnica w kątach, pod jakimi wprowadzamy impuls do włókna, przez co światło pokonuje różną drogę w rdzeniu i zmienia się czas jego przejścia.
- ♦ Dyspersja chromatyczna — światło jest falą; jeżeli do jego wygenerowania używamy np. diody LED (a nie monochromatycznego źródła światła), może zajść zjawisko poszerzenia sygnału. Światło o różnej długości fali przebędzie włókno z różną prędkością.
- ♦ Dyspersja falowodowa — wynika ona z niecałkowitego odbicia wewnętrznego. Część fali przenika wówczas do osłony włókna światłowodowego.

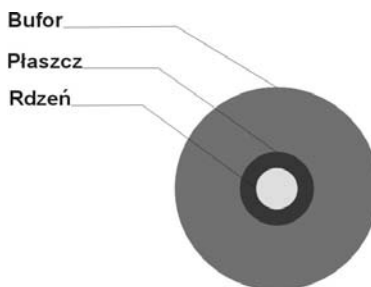
## Budowa światłowodu

Wiemy już, że światłowody wykorzystują zjawisko całkowitego odbicia wewnętrznego. Jesteśmy także świadomi tego, iż sygnałem jest fala (impuls świetlny). Te dwie elementarne informacje otwierają drogę do teorii światłowodów.

Kabel światłowodowy ma kształt najczęściej cylindryczny (owalny). Zwany jest czasami falowodem — oczywiście nazwa ta jest w pełni uzasadniona. Połączenie światłowodowe ustanawiane jest za pomocą dwóch włókien: jedno służy do nadawania, a drugie — do odbierania. W związku z tym każdy przewód musi zawierać co najmniej dwa włókna, jednak ze względów praktycznych najczęściej stosuje się przewody wielowłóknowe. Są one pokrywane płaszczem (osłonką), a dodatkowo wszystkie pojedyncze włókna są „zapakowane” w jedną tubę — razem tworzy to jeden przewód.

Samo włókno składa się z trzech głównych elementów: płaszcz, rdzenia i bufora (rysunek 2.26). Rdzeń stanowi właściwe środowisko dla biegu światła. Na granicy dwóch ośrodków (rdzeń-płaszcz) zachodzi zjawisko odbicia promienia. Płaszcz ma niższy współczynnik załamania światła niż rdzeń. Rola bufora ogranicza się do zapewnienia fizycznego bezpieczeństwa włókna oraz nadania mu lekkiej elastyczności.

**Rysunek 2.26.**  
*Budowa światłowodu*



Promień świetlny wstrzelony do rdzenia pod odpowiednim kątem nazywany jest modem światłowodowym. Źródłem światła mogą być diody LED lub laserowe. Jako detektory (odbiorniki) stosuje się fotodiody półprzewodnikowe, które zamieniają sygnał świetlny na elektryczny.

Włókno światłowodowe najczęściej wykonuje się z:

- ◆ dwutlenku krzemu ( $\text{SiO}_2$ ) — kwarcu;
- ◆ plastiku;
- ◆ polimetakrylanu akrylu (PMMA);
- ◆ polistyrenu (PS);
- ◆ poliwęglanu (PC).

Warstwy ochronne włókien wykonuje się z polichlorku winylu (PVC) lub polietylenu (PE).

## Klasyfikacja światłowodów

W praktyce można wyróżnić dwa podziały kabli światłowodowych:

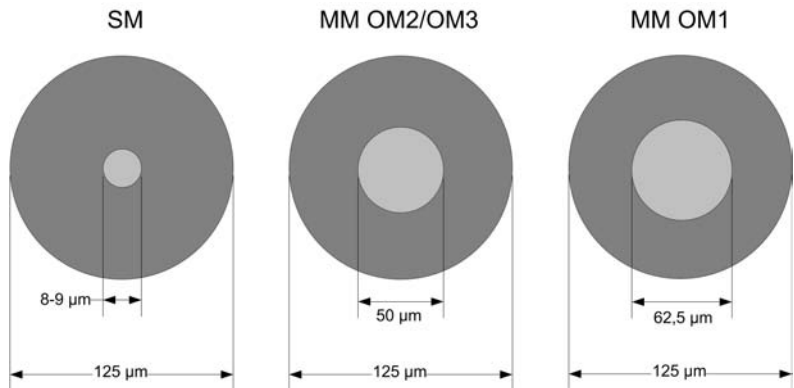
- ◆ ze względu na liczbę modów (jednomodowe i wielomodowe);
- ◆ ze względu na rodzaj tuby (osłony zewnętrznej przewodu).

Oba powyższe podziały są niezależne i stosowane na różnych etapach projektowania.

Światłowod jednomodowy (ang. *Single Mode* — *SM*), jak sama nazwa wskazuje, przystosowany jest do przesyłania w rdzeniu pojedynczego modu (promienia). Średnica rdzenia zawiera się w wąskim przedziale 8 – 9  $\mu\text{m}$ , natomiast sam przewód ma standardową średnicę 125  $\mu\text{m}$  (rysunek 2.27).

**Rysunek 2.27.**

Porównanie konstrukcji światłowodu jednomodowego i wielomodowego



Oto zalety światłowodu jednomodowego:

- ◆ Przesyłanie jednego modu ogranicza zjawisko dyspersji.
- ◆ Pozwala on na tworzenie bardzo długich odcinków bez wzmacniania sygnału (nawet do 150 km).
- ◆ Posiada szerokie pasmo przenoszenia i niską tłumienność.

Światłowody wielomodowe (ang. *Multi Mode* — *MM*) przeznaczone są do wprowadzania światła pod różnymi kątami, dlatego też rdzeń włókna ma zwiększoną średnicę: 50, 62,5 lub 100  $\mu\text{m}$ . Najpopularniejsze są światłowody 62,5/125  $\mu\text{m}$ , gdzie 125 określa średnicę płaszczu (rysunek 2.27). Najczęściej wykorzystywanymi światłowodami wielomodowymi są włókna gradientowe. Dzięki zastosowaniu specjalnych domieszek uzyskano w nich optymalne warunki transmisji (współczynnik załamania).

Konstrukcja wielomodowa pozwala na przesyłanie kilku pakietów danych — wiązek światła (rysunek 2.28). W wyniku takiej funkcjonalności łączna przepustowość traktu znacznie wzrasta, jednak nie odbywa się to bez poniesienia dodatkowych kosztów. Przesyłanie kilku promieni (modów) jednocześnie przyczynia się w dużym stopniu do rozmycia impulsu na wyjściu. Jest to główna przyczyna ograniczenia odległości, na jaką można przesyłać dane w takim światłowodzie.



**Rysunek 2.28.** Dwa rodzaje włókien: a) jednomodowe, b) wielomodowe

W celu zgłębienia tajników optycznej transmisji danych należy odwołać się do dyscypliny szczegółowej, jaką jest optyka telekomunikacyjna. Dla naszych potrzeb wystarczająca jest wiedza z zakresu podstawowej budowy światłowodu oraz „wpuszczania” impulsu do włókna.

W tabeli 2.12 zawarłem zestawienie kategorii włókien światłowodowych przy uwzględnieniu ich rodzaju oraz źródła światła.

Kable w luźnej tubie (ang. *Loose Tube Cable*) konstrukcyjnie charakteryzują się zawartością żelu wewnątrz tuby okalającej włókna (rysunek 2.29). Zabieg ten chroni światłowód przed naprężeniami, wilgocią oraz wahaniami temperatur. Kable te stosuje się zazwyczaj na zewnątrz budynków z uwagi na ich lepszą odporność na działanie warunków atmosferycznych — szczególnie chodzi o zjawisko wydłużania i skracania kabla w wyniku oddziaływania temperatury bez negatywnego wpływu na włókna.

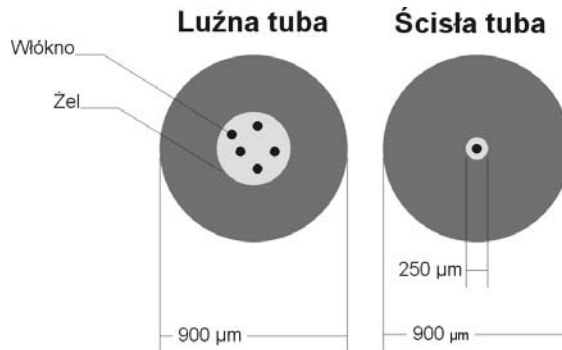


**Tabela 2.12.** Klasyfikacja włókien światłowodowych

Kategoria włókna	Rodzaj włókna
Wielomodowe	
OM1	62,5/125 $\mu\text{m}$
OM1 PLUS	62,5/125 $\mu\text{m}$ optymalizowany pod laser
OM2	50/125 $\mu\text{m}$
OM2 PLUS	50/125 $\mu\text{m}$ optymalizowany pod laser
OM3	50/125 $\mu\text{m}$ optymalizowany pod laser
OM3 PLUS	50/125 $\mu\text{m}$ optymalizowany pod laser (światło VCSEL)
Jednomodowe	
OS1	9/125 $\mu\text{m}$

**Rysunek 2.29.**

Kable o konstrukcji luźnej i ścisłej tuby



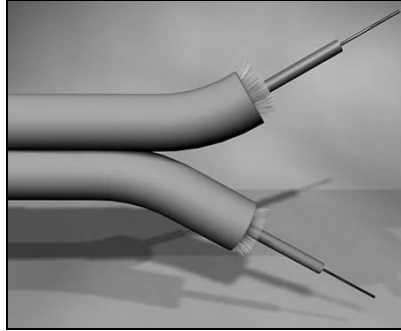
Kable światłowodowe o konstrukcji ścisłej tuby (ang. *Tight Buffered Cable*) stosuje się wewnątrz budynków. Z uwagi na ten fakt powinny one ściśle spełniać normy przeciwpożarowe dotyczące palności i wydzielania dymu — muszą uzyskać status LSZH (ang. *Low Smoke Zero Halogen*). Bezpośrednio na takim kablu zakłada się złącza światłowodowe (ST, SC i inne). Aby zakończyć włókno w kablu o luźnej tubie, należy najpierw wykorzystać zestaw przejściowy luźna/ścisła tuba, a następnie przystąpić do montowania końcówki.

Kable występują także w wersjach SIMPLEX (pojedynczej) i DUPLEX (podwójnej) — najczęściej są to przewody o konstrukcji ścisłej tuby wykorzystywane w kablach krosowych (rysunek 2.30). Rzeczywisty wygląd kabla o konstrukcji DUPLEX można zobaczyć na rysunku 2.31, natomiast na rysunku 2.32 przedstawiam światłowód dwunastowłóknowy ogólnego zastosowania. Jak widać na rysunku 2.33, budowa kabla sześciowłóknowego jest bardzo podobna do konstrukcji przewodów o większej liczbie włókien.

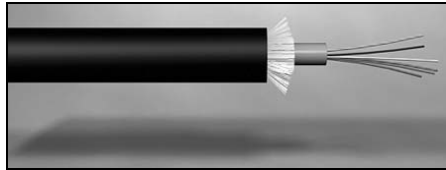
**Rysunek 2.30.**  
*Duplex i Simplex*



**Rysunek 2.31.**  
*Kabel światłowodowy  
MM OM1 62,5/125  
Duplex-Zipcord  
(Molex)*



**Rysunek 2.32.**  
*Dwunastowłóknowy  
światłowodowy kabel  
ogólnego stosowania  
MM 62,5/125, LSZH,  
luźna tuba (Molex)*



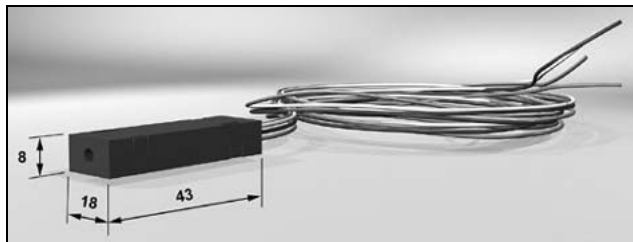
**Rysunek 2.33.**  
*Sześciowłóknowy  
wewn./zewn. kabel  
światłowodowy SM  
9/125, ścisła tuba  
(Molex)*



W powyższych rysunkach nie zostały zachowane proporcje. Jest to zabieg celowy mający ułatwić zrozumienie obrazowanego pojęcia.

Podstawowym elementem uzupełniającym linie światłowodowe jest zestaw pozwalający połączyć przewody o konstrukcji luźnej tuby z przewodami z tubą ścisłą (rysunek 2.34).

**Rysunek 2.34.**  
*Zestaw przejściowy  
światłowodu luźna  
tuba/ścisła tuba,  
6 włókien (Molex)*



## Sposoby łączenia włókien

Włókna łączymy na trzy sposoby. Możemy je spawać, kleić oraz skorzystać ze złączek mechanicznych. Spośród tych trzech metod najlepszą, a zarazem i najdroższą (głównie z powodu kosztu spawarki) jest spawanie włókien. Stosując to rozwiązanie, uzyskamy najwyższą klasę połączenia. Łączenie mechaniczne jest bardzo proste i szybkie, ale znacząco wpływa na pogorszenie parametrów łącza: podwyższa wartość parametru *Insertion Loss* i obniża *Return Loss*. Zastosowanie tego rozwiązania dotyczy głównie światłowodów z włóknami wielomodowymi. Przy kablach optycznych jednomodowych raczej nie należy korzystać z połączeń mechanicznych ze względu na jakość uzyskiwanego łącza.

W celu zakończenia włókna metodą spawania wykorzystuje się złączki typu „pigtail” (rysunek 2.35). Są to krótkie odcinki włókien światłowodowych zakończonych fabrycznie z jednej strony złączem. Dodatkowo stosuje się specjalne osłonki (rysunek 2.36), które nasuwa się na kabel w celu zabezpieczenia miejsca spawu. Rozwiązaniem alternatywnym wobec spawania jest klejenie włókna.

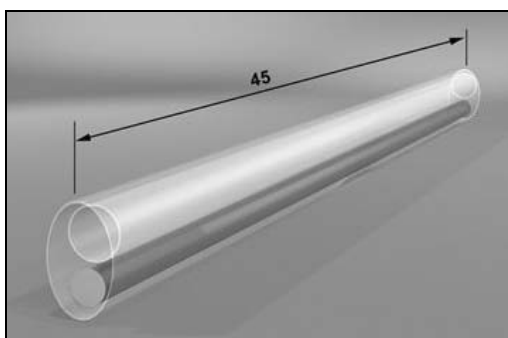
**Rysunek 2.35.**

Zestaw *pigtails*  
(Ortronics)



**Rysunek 2.36.**

Osłonka na spaw  
45 mm (Molex)



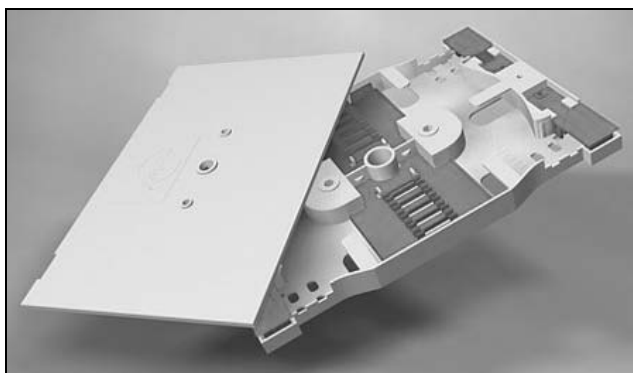
Zastosowanie złączki mechanicznej polega na ręcznym osadzeniu włókien w dwóch końcówkach złącza i precyzyjnym skręceniu ich (rysunek 2.37).

**Rysunek 2.37.**  
*Złączka mechaniczna  
Ultrasplice (Molex)*

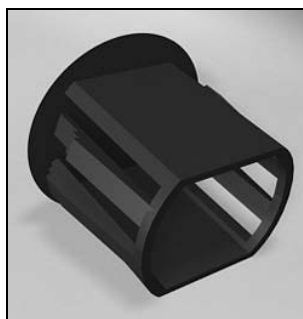


Złączki i spawy można układać w specjalnych kasetach światłowodowych (rysunek 2.38) w celu zapewnienia im dodatkowego bezpieczeństwa fizycznego oraz nadania poręczności łączom. Aby natomiast zabezpieczyć samo złącze, zakłada się na nie odpowiadający mu rodzaj zaślepki (rysunek 2.39).

**Rysunek 2.38.**  
*Uniwersalna kasetka  
na złącza i spawy  
światłowodowe  
(Molex)*



**Rysunek 2.39.**  
*Zaślepka ST (Molex)*



Złączka mechaniczna pozwala na połączenie w bardzo precyzyjny sposób dwóch włókien wielomodowych o buforach z zakresu od 250 do 900  $\mu\text{m}$ .

Jakość połączenia uzyskanego przy użyciu metody klejenia włókien w złączu światłowodowym w dużej mierze zależy od dokładności wyszlifowania czoła włókna przez instalatora. Niektóre firmy posiadają w swojej ofercie złącza światłowodowe z już wyszlifowanymi czołami. Zadaniem instalatora jest w tym przypadku wprowadzenie włókna do złącza jak najbliżej znajdującego się w nim czoła.



Przyczynami strat na łączach są (rysunek 2.40):

- ◆ niezachowanie współosiowości włókien,
- ◆ zjawisko odbicia światła w szczelinie powietrznej,
- ◆ niepoprawne dopasowanie pola (przekroju).

Z uwagi na powyższe fakty należy wykazać się wielką starannością przy łączeniu włókien.

**a) szczelina między włóknami**



**b) błąd współosiowości**



**c) różnice w średnicy włókien**



**d) złe cięcie włókna**



**Rysunek 2.40.** Błędy popełniane przy łączeniu włókien

Firma Legrand Polska mocno akcentuje zalety stosowania fabrycznie zakończonych włókien światłowodów. Szpuła (rysunek 2.41) z wiązkami (6 lub 12 włókien) dostarczana jest wraz z wypełnionym arkuszem wyników testu (rysunek 2.42). Długość wiązek wynosi od 20 do 200 metrów.

**Rysunek 2.41.**

Szpula z fabrycznie zakończonym światłowodem (Legrand)

**Rysunek 2.42.**

Arkusz z wynikami pomiarów (Legrand)

Fiche de test		legrand®	
Référence interne	43250027 0.5M		
Description	EPONANISSELI MPO/ST		
Fibre	62,5 / 125 µm		
Tracabilité	1004	100	12
Connecteur	ST <input checked="" type="checkbox"/>	SC <input type="checkbox"/>	MTRJ <input type="checkbox"/>
Perte d'insertion * en dB			
1 Fibre bleue	0,22		
2 Fibre orange	0,45		
3 Fibre verte	0,20		
4 Fibre marron	0,30		
5 Fibre grise	0,35		
6 Fibre blanche	0,47		
7 Fibre rouge			
8 Fibre noire			
9 Fibre jaune			
10 Fibre violette			
11 Fibre rose			
12 Fibre bleue claire			

\* mesuré à 850 nm

N0064DC3/00

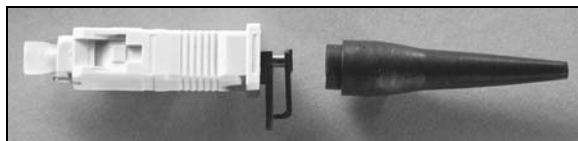
## Złącza światłowodowe (optyczne)

Do najbardziej popularnych złączy światłowodowych należą interfejsy:

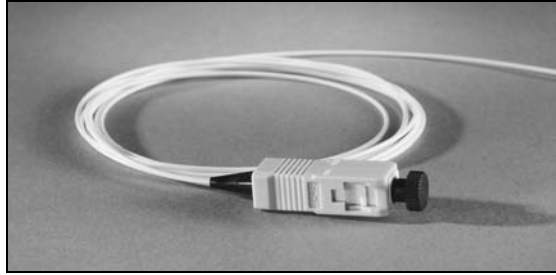
- ♦ SC (rysunki 2.43 i 2.44);

**Rysunek 2.43.**

Złącze SC (Ortronics)

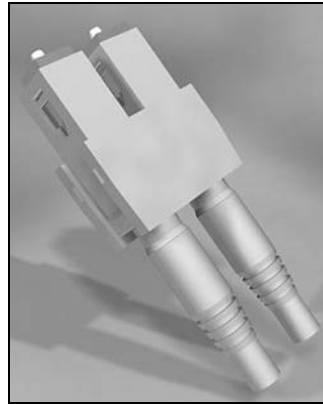


**Rysunek 2.44.**  
*Złącze SC Ortronics  
z osadzonym włóknem*



- ◆ Duplex-SC, zalecane przy nowych instalacjach (rysunek 2.45);

**Rysunek 2.45.**  
*Złącze SC MM Duplex  
(Molex)*



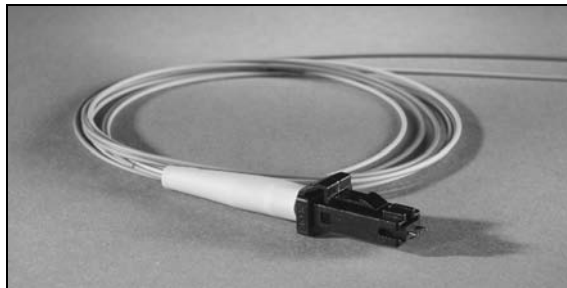
- ◆ ST (rysunek 2.46);

**Rysunek 2.46.**  
*Złącze ST (Ortronics)*



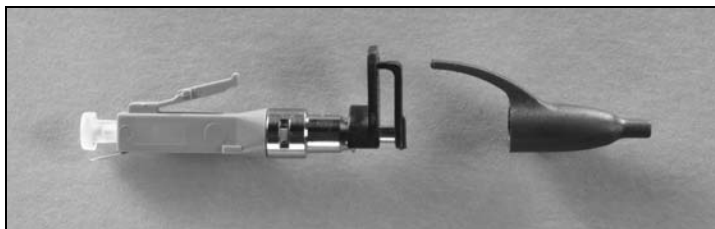
- ◆ MTRJ (rysunek 2.47);

**Rysunek 2.47.**  
*Złącze typu MTRJ  
(Ortronics)*



- ◆ LC (rysunek 2.48), Mini LC;

**Rysunek 2.48.**  
Złącze typu LC  
(Ortronics)



♦ FC (rysunek 2.49);

**Rysunek 2.49.**  
Złącze typu FC  
(Ortronics)



♦ E-2000, Mini E-2000;

♦ FDDI.

Czoło włókna światłowodowego może być polerowane na dwa sposoby o nazwach APC i PC. Ta druga metoda charakteryzuje się kątem prostym polerowanego czoła (ang. *Physical Contact* — *PC*), natomiast w metodzie APC czoło włókna polerowane jest pod kątem 7 – 8 stopni. Dzięki temu zabiegowi uzyskuje się mniejszą tłumienność niż w złączu typu PC.

Przy instalacjach pojedynczych złączy SC i ST należy zwrócić uwagę, aby nie pomylić włókien nadawczych i odbiorczych. W ofercie producentów okablowania możemy także znaleźć akcesoria zabezpieczające złącza światłowodowe przed zanieczyszczeniami osadzającymi się na włóknach.



Uwaga

Decydując się na standard Ethernet, mamy już narzucony rodzaj medium (wielomodowy lub jednomodowy światłowód albo też kabel UTP), jednak podczas doboru konstrukcji musimy sami wykazać się rozważą. W normach nie jest np. ujęte, czy włókna mają być w luźnej tubie. Należy poważnie rozważyć fakt, iż to na barkach projektanta spoczywa odpowiedzialność za dobranie fizycznych parametrów kabla.

Oto przykładowe standardy transmisji światłowodowej:

- ♦ 100Base-FX (802.3u) — 100 Mb/s;
- ♦ 1000Base-LX (802.3z) — 1000 Mb/s;
- ♦ 1000Base-SX (802.3z) — 1000 Mb/s;
- ♦ 10 Gb/s Ethernet (802.3ae) — 10000 Mb/s;
- ♦ FDDI (ang. *Fiber Distributed Data Interface*) — 100 Mb/s;
- ♦ ATM (ang. *Asynchronous Transfer Mode*) — najczęściej 155 lub 622 Mb/s.





Uwaga

Ile razy można spojrzeć w światłowód?

Tylko dwa...

...raz lewym okiem, a drugi raz prawym.

Warto pamiętać o podstawowych zasadach bezpieczeństwa szczególnie wtedy, gdy źródłem impulsu jest dioda laserowa. Ludzka źrenica jest bardzo wrażliwa na takie doświadczenia.

# Skorowidz

10 Gb/s Ethernet, 59  
1000Base, 39  
1000Base-CX, 110  
1000Base-LX, 59, 110, 112  
1000Base-SX, 59, 110, 112  
1000Base-T, 39, 110, 112  
100Base-CX, 112  
100Base-FX, 59, 110, 111  
100Base-LX, 48, 111  
100Base-LX10, 111  
100Base-SX, 112  
100Base-T2, 112  
100Base-T4, 112  
100Base-TX, 17, 39, 110, 111  
10Base-2, 37  
10Base-5, 37  
10Base-FL, 110  
10Base-T, 39, 78, 110  
10GBase-E, 112  
10GBase-L, 112  
10GBase-LX4, 112  
10GBase-S, 112  
356A, 77

## A

A/C, 34  
ACR, 44, 45  
adres IP, 31  
agregat prądowórczy, 121, 215, 217  
algebra Boole'a, 32  
algorytm zarządzania bezpieczeństwem sieci, 209  
algorytm zarządzania incydemem, 208  
ANSI, 181  
APD, 48  
apertura numeryczna, 48, 281

architektura, 281  
architektura logiczna systemu okablowania  
strukturalnego, 61  
ATM, 59, 281  
autorytet  
administracyjny, 141, 142  
charyzmatyczny, 141, 142  
finansowy, 141, 142  
formalny, 141, 142  
techniczny, 141, 142  
awaria, 207  
przełącznika, 213  
przyczyna, 214  
skutek, 207, 214  
sprzętu, 126, 213  
systemu kontroli dostępu, 219  
systemu okablowania, 211  
układu chłodzenia, 216  
układu przeciwpożarowego, 218  
urządzeń aktywnych, 213  
zasilania, 214

## B

backup danych, 195  
bajt, 281  
bandwidth, 281  
baseband, *Patrz* pasmo podstawowe  
bezpieczniki, 217  
bit, 281  
błędy, 27  
BNC, 37  
BPD, 66  
budynkowy punkt dystrybucyjny, 66  
bufor w światłowodzie, 282

**C**

C/A, 34  
 centralny punkt dystrybucyjny, 66  
 centrum danych, 123, 124  
 cienki Ethernet, 37  
 CPD, 66  
 CSMA/CD, 16, 197, 282  
 częstotliwość kabla, 44, 45

**D**

DAS, 196, 197, 282  
 data center, 123  
 decybel (dB), 282  
 dekodery, 33  
 demultiplekser, 33  
 detektor sygnału, 48  
 dielektryk, 282  
 dioda, 282  
   elektroluminescencyjna, 48  
   laserowa, 48  
 dokumentacja projektowa  
   cele, 139  
   proces tworzenia, 141  
   zadania, 139  
 dokumentacja projektowa, 139  
 dokumenty legislacyjne, 183  
 dopełnienie, 32  
 dopuszczalny promień zgięcia, 44  
 duplex, *Patrz* kabel światłowodowy dwużyłowy  
 DUPLEX, 52  
 dwójkowy system liczbowy, 29  
 dwustopniowa budowa systemu okablowania  
   strukturalnego bez redundancji torów  
   transmisyjnych, 192  
 dyspersja, 48, 282  
   chromatyczna, 49, 282  
   falowodowa, 49, 282  
   modowa, 49, 282  
   światła, 48

**E**

E-2000, 59  
 EIA 568A, 77  
 EIA 568B, 76  
 EIA/TIA, 21, 182  
 EIA/TIA 568, 21, 183, 186  
 EIA/TIA 568A, 183  
 EIA/TIA 569, 183, 186  
 EIA/TIA 606, 183  
 EIA/TIA 607, 183

EIA/TIA-568A, 183  
 EL FEXT, 154, 155  
 elektroniczna kontrola dostępu, 137  
 ELFEXT, 44, 45, 282  
 EN 50 173, 183, 184  
 EN 50 173-1, 186  
 EN 50 174-2, 186  
 EN 50174, 184  
 Ethernet, 16, 59, 110, 197  
 ETSI, 181

**F**

F/UTP, 40, 42  
 falowód, 49  
 FC, 59  
 FDDI, 59  
 ferrula, 282  
 FEXT, 44, 45, 282  
 fotodetektor, 48, 282  
 fotodioda lawinowa APD, 48  
 FRD, 282  
 FTP, 40  
 FTTD, 116, 117, 284  
 FTTX, 116  
 funkcja NOT, 34

**G**

generator optyczny, *Patrz* źródło światła  
 główny punkt dystrybucyjny, 67, 68  
 gniazdo, 71  
   DLPT<sup>™</sup>, 119, 120  
   RJ-45, 20  
 gruby Ethernet, 37  
 gwarancja  
   aplikacyjna, 157  
   elementowa, 157  
   systemowa, 157

**H**

HFC-227ea, 239, 240  
 HSSG, 112

**I**

ICT, 13  
 IDF, 67  
 IEEE, 181, 283  
 IEEE 802.3u, 17  
 IETF, 182  
 iloczyn logiczny, 32  
 impedancja charakterystyczna, 154

instalator systemu okablowania, 174  
 instytucje standaryzujące, 181  
 inteligentny budynek, 124  
 interfejs modularny, 283  
 Internet, 14, 283  
 intranet, 14, 283  
 IPv4, 31  
 IPv6, 31  
 ISO, 181, 283  
 ISO/IEC 11 801, 183  
 ISO/IEC IS 11 801  
   2002, 186  
 ISO/OSI, 17  
 IT, 13

**J**

Jankowski Janusz, 237, 258

**K**

kable, 15  
   elektryczne, 161  
   F/UTP, 41, 43  
   informatyczne, 161  
   koncentryczne, 37  
   krosowe, 103, 105, 283  
   miedziane, 37, 162  
   S/FTP, 42  
   SF/UTP, 42, 43  
   sieciovne, 15  
   skręcane, 37  
   stacyjne, 283  
   światłowodowe, 49, 282  
   teleinformatyczne, 161  
   U/FTP, 42  
   U/UTP, 41, 43  
   UTP, 38  
 kanały kablowe, 172  
 karty sieciowe, 15  
 kasetna na złącza, 55  
 klaster, 199, 201, 283  
 klasy kabli UTP, 39  
 klasyfikacja światłowodów, 50  
 kod gniazda, 283  
 kod kolorowy (barwny), 283  
 koder, 33  
 kolizje, 16  
 kolumny DLP, 172  
 kondygnacyjny punkt dystrybucyjny, 66  
 koniunkcja, 32  
 kosztorys, 150  
 KPD, 66  
 kwantowanie, 283

**L**

LAN, 14, 143, 197, 283  
 LC, 58, 59  
 LD, 48  
 LED, 48  
 Legrand, 56, 157  
 liczba par, 44  
 linia transmisyjna, 283  
 lokalny punkt dystrybucyjny, 66  
 LPD, 66  
 LS0H, 44  
 LSFROH, 44  
 LSZH, 52  
 luźna tuba, 283

**Ł**

ład informacyjny, 13

**M**

maksymalne tłumienie, 44, 45  
 MAN, 14, 284  
 MDF, 67, 68  
 medium transmisyjne, 15  
 metody archiwizacji danych, 196  
   DAS, 196, 197  
   NAS, 196, 197, 198  
   SAN, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203  
 metody wykonywania backupu, *Patrz* metody archiwizacji danych  
 miernik dla instalacji miedzianych, 152  
 miernik tłumienia, 176  
 Mini E-2000, 59  
 minimalny promienia zgięcia, 161  
 MM, 51  
 MMJ, 79, 284  
 moc  
   bierna, 118  
   chwilowa, 118  
   czynna, 118  
   pozorna, 118  
   sygnału odbitego, 45  
   sygnału wprowadzanego, 45  
 mod, 284  
 model  
   gwiazda + pierścień, 190  
   ISO/OSI, 16, 17  
   podwójna gwiazda, 189  
   podwójny pierścień, 190  
   pojedynczy pierścień, 191  
   redundancji, 191

modulacja, 33  
 Molex Premise Networks®, 157  
 multiplekser, 33  
 MUTO, 114, 115, 284

## N

nadajnik, 15, 47  
 nadmiarowość, *Patrz* redundancja  
 narzędzie do zdejmowania izolacji, 178  
 narzędzie zaciskowe, 177  
 NAS, 196, 197, 198, 284  
 negacja logiczna, 32  
 NEXT, 44, 45, 154, 284  
 Niziński Grzegorz, 237, 251  
 norma  
   EIA/TIA 568, 183, 186  
   EIA/TIA 568A, 183  
   EIA/TIA 569, 183, 186  
   EIA/TIA 606, 183  
   EIA/TIA 607, 183  
   EIA/TIA-568A, 183  
   EN 50 173, 183, 184  
   EN 50 173-1, 186  
   EN 50 174-2, 186  
   EN 50174, 184  
   ISO/IEC 11 801, 183  
   ISO/IEC IS 11 801  
     2002, 186  
   PN-EN 50174, 184  
   PN-EN 50174-1, 184  
   PN-EN 50174-2, 184, 185  
   PN-EN 50174-3, 184  
   SP-2840, 183  
   TIA/EIA-568-B.1, 184  
   TIA/EIA-568-B.2, 184  
   TIA/EIA-568-B.3, 184  
   TSB 36, 183  
   TSB 40, 183  
   TSB 67, 183  
   TSB 72, 183  
 NOT, 34

## O

ochrona kabli, 160, 163  
 ochrona przeciwpożarowa, 126  
 odbiornik, 15, 47  
 odbiór systemu okablowania, 151  
 odległości między wzmacniaczami, 46  
 okablowanie, 20  
   międzybudynkowe, 61, 65  
   normy, 181

  pionowe, 61, 64  
   poziome, 24, 61, 284  
   strukturalne, 15, 18, 19, 24, 195  
 okna optyczne, 48  
 OPEN DECONNET, 78  
 operacje boole'owskie, 32  
 opóźnienie, 153  
 Oracle RAC, 199  
 organizacje standaryzujące, 181  
   ANSI, 181  
   EIA/TIA, 182  
   ETSI, 181  
   IEEE, 181  
   IETF, 182  
   ISO, 181  
   Unia Europejska, 182  
 osłonka na spaw, 54  
 OTDR, 284

## P

panel krosowy półokrągły, 255  
 parametry  
   elektryczne, 44  
   mechaniczne, 44  
   transmisyjne, 44  
 Parys Aleksandra, 237, 238  
 pasmo podstawowe, 281  
 PCS, 66, 68  
 pigtaili, 54  
 pionowe okablowanie szkieletowe, 284  
 płaszcz światłowodowy, 284  
 PN-EN 50174, 184  
 PN-EN 50174-1, 184  
 PN-EN 50174-2, 184, 185  
 PN-EN 50174-3, 184  
 polaryzacja, 284  
 polerowanie  
   APC, 59  
   PC, 59  
 POP, 68, 284  
 pośredni punkt dystrybucyjny, 67  
 Power Sum NEXT, 284  
 powłoka kabla, 44  
 poziom  
   niski, 27  
   wysoki, 27  
 PPP, 39  
 prawdopodobieństwo wystąpienia awarii, 205, 208  
 Prawo Ohma, 118  
 proces zarządzania bezpieczeństwem sieci, 208  
 projekt informatyczny  
   cel, 140  
   audyt, 140

definicja wymagań, 140  
 obsługa, 140  
 proces projektowania systemu, 140  
 realizacja, 140  
 testowanie, 140  
 wdrożenie, 140  
 projekt sieci, 221  
 projekt systemu okablowania strukturalnego, 143  
 promień zgięcia kabla, 284  
 propagacja sygnału, 47  
 protokół  
   CSMA/CD, 16  
   TCP/IP, 18  
 próbkowanie, 26  
 przepustowość pasma, 281  
 przepusty kablowe, 172  
 przesłuch, 154  
 przetwornik  
   A/C, 34  
   C/A, 34  
 przewodowe media transmisyjne, 25  
 przewody  
   BNC, 37  
 przewody UTP, 38, 40  
 PS ELFEXT, 154, 155  
 PS NEXT, 44, 45, 154, 155  
 punkt abonencki, 69, 70, 71, 285  
 punkt centralny sieci, 66, 68  
 punkt konsolidacyjny, 285  
 punkt rozdzielczy, 65, 285  
   budynkowy, 285  
   międzybudynkowy, 285  
   piętrowy, 285

## R

rama montażowa 42U, 86  
 rdzeń światłowodu, 285  
 reakcja na awarie, 205  
 redundancja, 285  
   okablowania kampusowego, 187, 193  
   okablowania pionowego, 187  
   traktów, 187, 188  
   włókien, 187  
 redundantne obwody, 217  
 reflektometr, 156, 285  
 Return Loss, 44, 45, 285  
 rezystancja, 44  
 RJ-11, 78  
 RJ-12, 79  
 RJ-45, 20, 78  
 rodzaj powłoki, 44  
 router, 15  
 rozpraszanie wsteczne, 285

## S

S/FTP, 40  
 SAN, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 285  
 SC, 57, 58, 59  
 SC MM Duplex, 58  
 sekwencja, 285  
 sesja komunikacyjna, 16, 18  
 SF/UTP, 40, 42  
 S-FTP, 40  
 sieć, 14  
   Ethernet, 16  
   Internet, 14  
   intranet, 14  
   LAN, 14, 143  
   MAN, 14  
   WAN, 14  
 sieć elektryczna, 117  
 simplex, 52, 285  
 skrętka UTP, 19  
 skutki awarii, 207  
 SM, 50  
 SOS, *Patrz* System Okablowania Strukturalnego  
 SP-2840, 183  
 sposoby łączenia włókien, 54  
 sprzęt pasywny, 98  
 S-STP, 40  
 ST, 58, 59  
 stałoprądowa odporność pętli, 153  
 standard  
   1000Base, 39  
   1000Base-T, 39  
   100Base-TX, 39  
   10Base-T, 39  
   PPP, 39  
 STP, 40  
 straty odbiciowe, 45, 153  
 suma logiczna, 32  
 switch, 15  
 sygnał, 25  
   analogowy, 25, 26, 29, 285  
   cyfrowy, 25, 26, 27, 28, 32, 285  
   dyskretny, *Patrz* sygnał cyfrowy  
   odbity (echo), 45  
   sinusoidalny, *Patrz* sygnał analogowy  
   światlny, 46  
   tłumienie, 28  
   zniekształcenie, 28  
 symbole bramek logicznych, 35  
 system  
   binarny, 29, 285  
   dwójkowy, 29  
   informacyjno-telekomunikacyjny, 13

## system

- okablowania strukturalnego, 16, 18, 20, 117, 151, 160, 286
- okablowania, 15
- oznaczników kablowych, 74
- telekomunikacyjny, 15

## szafa

- elementy chłodzące, 92
- elementy porządkujące przewody, 94
- uziemiaenie, 97
- dystrybucyjna, 83

**Ś**

## średnica przewodnika, 44

## środek gaśniczy, 239

## światło, 46

## światłowód

- budowa, 49
- bufor, 49
- DUPLEX, 52
- falówód, 49
- gradientowy, 286
- indeks skoku, 47
- jednomodowy, 50, 286
- kabel, 49
- kable w luźnej tubie, 51
- kąt krytyczny, 47
- klasyfikacja, 50
- MM, 51
- nadajnik, 47
- odbiornik, 47
- okna optyczne, 48
- osłonka na spaw, 54
- płaszcz, 49
- rdzeń, 49
- SIMPLEX, 52
- SM, 50
- sposoby łączenia włókien, 54
- wielomodowy, 50, 51, 286
- włókna, 46, 49, 50
- zasada działania, 47
- zestaw pigtaili, 54
- zestaw przejściowy, 53
- zjawisko odbicia, 47
- źródło sygnału, 48

**T**

## TCP/IP, 18

## technologie informacyjne, 13

## terminowanie, 286

## tester kabli, 180

## tester SLT3, 175, 176

## TIA/EIA 568A, 21

## TIA/EIA-568-B.1, 184

## TIA/EIA-568-B.2, 184

## TIA/EIA-568-B.3, 184

## tłumienie, 286

## złącza, 286

## tłumienie sygnału, 28

## topologia

## drzewiasta, 21, 23

## fizyczna, 21, 286

## gwiazdy, 21, 22, 23, 286

hierarchicznej gwiazdy, 21, 23, *Patrz też*

## topologia drzewiasta

## magistrali, 21, 22, 286

## pierścienia, 21, 286

## systemu, 21

tor transmisyjny, *Patrz linia transmisyjna*

## transmisja szerokopasmowa, 286

## trójstopniowa hierarchia systemu okablowania strukturalnego, 191

## TSB 36, 183

## TSB 40, 183

## TSB 67, 183

## TSB 72, 183

## TSB 75, 114

## twierdzenie Kotelnikowa-Shannona, 26

## typy

## sygnałów, 25

## topologii fizycznych, 21

**U**

## U/FTP, 42

## U/UTP, 40, 42

## układ

## cyfrowy, 33

## logiczny, 34, 286

## równoważący, 286

## układanie kabli w gruncie, 164

## uniwersalna kaseta na złącza, 55

## UPS, 214, 217

## urządzenia aktywne sieci, 15

## urządzenia UPS, 214, 217

## USOC, 77

## UTP, 19, 38, 40, 162

## ACR, 45

## częstotliwość kabla, 45

## ELFEXT, 45

## FEXT, 45

## maksymalne tłumienie, 45

## NEXT, 45

## PS NEXT, 45

## Return Loss, 45

## uziemiaenie przewodów, 45

**W**

Wala Krzysztof, 237, 246  
WAN, 14, 286  
warstwa fizyczna, 17, 18  
warstwa sprzętowa, *Patrz* warstwa fizyczna  
wartości logiczne, 32  
WE4W (RJ-11), 78  
WE6R (MMJ), 79  
WE6W (RJ-12), 79  
WE8W (RJ-45), 78  
węzeł dostępu do Internetu, 68  
węzeł klastra, 286  
WLAN, 286  
włókna światłowodowe, 46, 50  
    klasyfikacja, 52

**Z**

zabezpieczenia sieci elektrycznej, 217  
zaciskarka, 178, 179  
zagrożenia danych, 125  
zagrożenia fizyczne, 125  
zakłócenia, 27  
zalecenia instalacyjne, 160  
zarządzanie incydentem  
    algorytm, 208

zasilanie awaryjne, 120  
zaśleпка ST, 55  
zatrząsk modułu RJ45, 83  
zestaw pigtaili, 54  
zewnętrzna średnica kabla, 44  
zjawisko  
    kolizji, 16  
    odbicia, 47  
złącze  
    FC, 59  
    LC, 59  
    MTRJ, 58  
    optyczne, 57  
    SC, 57, 58, 59  
    SC MM Duplex, 58  
    ST, 58  
    ST, 59  
    światłowodowe, 57  
złączka mechaniczna Ultrasplice, 55  
zniekształcenia, 27  
zniekształcenia sygnału, 28

**Ź**

źródło  
    sygnału, 15  
    światła, 286



Zagadnienie okablowania, czyli de facto stworzenia całej struktury sieciowej w przestrzeni o określonym, często skomplikowanym układzie, nie jest tak proste, jak mogłoby się z pozoru wydawać. Samo ułożenie kabli poprzedzone musi być za każdym razem kompleksową analizą wszystkich elementów powstającego systemu, od aspektów ściśle technicznych (gdzie umieścić szafy, ulokować serwerownię, jakie instalacje towarzyszące wdrożyć?), aż po sposoby i miejsca wykorzystywania sieci przez użytkowników. To zadanie wymaga wiedzy oraz świadomości celów, a także dużej wyobraźni, nie tylko przestrzennej. Indywidualne dostosowanie powstającej infrastruktury do specyfiki lokalizacji docelowej i potrzeb użytkowników zawsze zależy od projektanta, a niezbędną wiedzę pozwalającą na stworzenie sprawnie działającej sieci teleinformatycznej znajdziesz właśnie w tej książce!

„Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie III” to podręcznik, dzięki któremu kwestia zaprojektowania i wykonania systemu okablowania strukturalnego przestanie wydawać Ci się nie do pokonania. Dowiesz się, co należy wziąć pod uwagę na pierwszym etapie projektowania sieci, jakie materiały i urządzenia musisz zgromadzić oraz jak je ze sobą połączyć, a także jakie środowisko pracy wybrać dla centrum danych. Zrozumiesz, po co Ci szczegółowa dokumentacja projektowa i na czym polega odbiór projektu. Poznasz normy obowiązujące przy projektowaniu sieci i sprawdzone sposoby zabezpieczania infrastruktury przed awarią oraz neutralizacji ewentualnych jej skutków. Krótko mówiąc, książka ta to znakomite przygotowanie do pracy nad jednym z najważniejszych systemów działających we współczesnych firmach.

- Charakterystyka i cele tworzenia systemu okablowania
- Przewodowe media transmisyjne
- Elementy składowe okablowania strukturalnego
- Środowisko pracy dla centrum danych (DATA CENTER)
- Dokumentacja projektowa i odbiór systemu okablowania
- Porady techniczno-instalacyjne
- Okablowanie strukturalne a normy
- Redundancja okablowania pionowego
- Okablowanie strukturalne a backup danych
- Reakcja na awarie i projekt sieci
- Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach

Zbuduj system okablowania strukturalnego skrojony na miarę!

**helion.pl**  
KATALOGIUM  
INTERNETOWE



**Helion**

Sprawdź najnowsze promocje:  
● <http://helion.pl/promocje>  
Książki najchętniej czytane:  
● <http://helion.pl/bestsellery>  
Zamów informacje o nowościach:  
● <http://helion.pl/newsy>

Helion SA  
ul. Kościuszki 5c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
<http://helion.pl>

Nr katalogowy: 6636



Katalogiaria Internetowa  
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:  
**0 801 339900**



**0 601 339900**

Cena 49,00 zł

ISBN 978-83-246-3377-7



9 788324 633777

Infomatyka w najlepszym wydaniu