

## IDŹ DO

PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ



SPIS TREŚCI

## 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

# Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka. Wydanie II

Autor: Rafał Pawlak  
ISBN: 83-246-1752-3  
Format: 158x235, stron: 264



Poznaj zasady tworzenia niezawodnych sieci teleinformatycznych

- Jak zaprojektować system okablowania strukturalnego?
- W jaki sposób wybrać pomieszczenie na punkt dystrybucyjny sieci?
- Na czym polega dobór przepustowości w segmencie?

Żyjemy w społeczeństwie informacyjnym i dziś właśnie informacja to strategiczne dobro, które przekłada się na możliwości rozwoju, a także przynosi wymierne efekty finansowe. Dlatego też wszyscy przywiązujemy ogromną wagę do jakości i szybkości przesyłanych informacji oraz sprawnego zarządzania danymi. Nie trzeba nikogo przekonywać, jak istotne jest zaprojektowanie i zbudowanie niezawodnej, wydajnej oraz zgodnej z przyjętymi standardami sieci.

Książka „Okablowanie strukturalne sieci. Teoria i praktyka” prezentuje właśnie zasady projektowania sieci teleinformatycznych oraz przybliży zarówno teoretyczne, jak i praktyczne aspekty okablowania strukturalnego. Z tego podręcznika dowiesz się, jak sporządzić dokumentację projektową oraz kosztorys. Poznasz systemy dystrybucji okablowania, a także ogólne zalecenia instalacyjne. Będziesz również potrafił ocenić i sprawdzić system pod względem zgodności z normami. W książce tej zawarto bowiem wszelkie informacje niezbędne do samodzielnej realizacji projektu sieci.

- Charakterystyka systemu okablowania
- Przewodowe media transmisyjne
- Elementy składowe okablowania strukturalnego
- środowisko pracy centrum danych
- Dokumentacja projektowa
- Odbiór systemu okablowania
- Porady techniczno-instalacyjne
- Standardy i normy
- Redundancja okablowania pionowego
- Podstawowe metody archiwizacji danych

**Sieci teleinformatyczne – od projektu do jego samodzielnej realizacji!**



# Spis treści

<b>Podziękowania .....</b>	<b>7</b>
<b>Prolog .....</b>	<b>9</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 .....	45
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 angielskojęzyczne .....	67
Dobór pomieszczenia na punkt dystrybucyjny .....	68

Punkt abonencki, sekwencja i polaryzacja .....	69
Punkt abonencki .....	69
Oznakowanie gniazd .....	71
System oznaczników kablowych .....	74
Sekwencja .....	75
Polaryzacja .....	79
Terminowanie .....	80
Elementy pasywne systemu .....	82
Szafy dystrybucyjne .....	82
Ustawianie i konfiguracja „czyste” szafy .....	88
Elementy chłodzące szafę .....	92
Elementy porządkujące przewody w szafie .....	92
Sprzęt pasywny .....	98
Kable krosowe .....	104
Dobór przepustowości w segmencie .....	108
MUTO .....	114
Światłowód prosto do biurka .....	116
Instalacje towarzyszące .....	118
Sieć elektryczna .....	118
Zasilanie awaryjne .....	121
Instalacja telefoniczna .....	122
<b>Rozdział 4. Środowisko pracy dla centrum danych (DATA CENTER) .....</b>	<b>123</b>
Definiowanie zagrożeń .....	124
Ochrona przeciwpożarowa .....	126
System klimatyzacyjny .....	128
Chłodzenie i wentylacja szaf .....	129
Elektroniczna kontrola dostępu .....	134
<b>Rozdział 5. Dokumentacja projektowa .....</b>	<b>135</b>
Cele i zadania .....	135
Projekt systemu okablowania strukturalnego (sieci LAN) .....	139
Kosztorys .....	146
<b>Rozdział 6. Odbiór systemu okablowania .....</b>	<b>147</b>
Sprawdzanie systemu pod względem zgodności z normami .....	148
Procedura sprawdzania światłowodu przed instalacją .....	152
Rozwiązania gwarancyjne .....	153
<b>Rozdział 7. Porady techniczno-instalacyjne .....</b>	<b>155</b>
Ogólne zalecenia instalacyjne oraz ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi ..	155
Ogólne zalecenia instalacyjne .....	155
Ochrona kabli przed czynnikami zewnętrznymi .....	158
Zasady układania kabli w gruncie .....	160
Sposoby przeciągania kabla przez kanalizację .....	161
Systemy listew i rur do instalacji teleinformatycznych .....	162
Systemy dystrybucji okablowania .....	165
Sprzęt instalatora .....	170
<b>Rozdział 8. Okablowanie strukturalne a normy .....</b>	<b>175</b>
Podstawowe instytucje standaryzujące .....	175
Główne dokumenty legislacyjne .....	177
Podstawowe porównanie norm .....	178

---

<b>Rozdział 9. Redundancja okablowania pionowego .....</b>	<b>181</b>
Redundancja okablowania kampusowego .....	181
Przykładowe rozwiązanie .....	187
<b>Rozdział 10. Okablowanie strukturalne a backup danych .....</b>	<b>189</b>
Podstawowe metody archiwizacji danych .....	190
<b>Rozdział 11. Okablowanie strukturalne w pytaniach i odpowiedziach .....</b>	<b>201</b>
<b>Rozdział 12. Zakończenie .....</b>	<b>231</b>
<b>Dodatek A Słowniczek terminów .....</b>	<b>243</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>249</b>

## Rozdział 2.

# Przewodowe media transmisyjne

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

Przewodowe media transmisyjne mają tę wyższość nad systemami bezprzewodowymi, iż oferują szybsze 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 czulej 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.

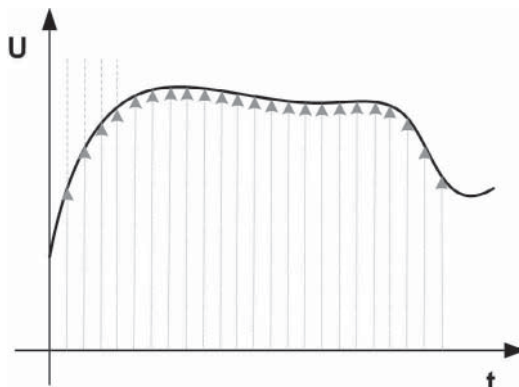
Wyróżniamy dwa typy sygnałów:

- ◆ analogowy,
- ◆ cyfrowy.

Sygnał analogowy jest funkcją napięcia i czasu. Zmienia się 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 do postaci cyfrowej. 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 Kotelnikowa-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 analogowo doskonale nadaje się do przekazu dźwięków oraz informacji pomiarowych (np. temperatury). Natomiast sygnał cyfrowy wykorzystywany jest do przedstawiania informacji logicznych i symbolicznych.

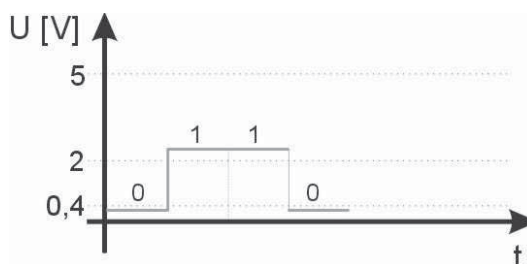
Proces kształtowania (formowania) danych w postaci cyfrowej nazywamy kodowaniem, a ich odczytu — dekodowaniem.

Kwantowanie w czasie (próbkowanie) jest tylko jednym z procesów tworzenia sygnału impulsowego. Tym niemniej, dla naszych dalszych rozważań wystarczy wiedza, na czym polega różnica między sygnałami 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 określone przedziały odpowiednio do poziomów: niski 0 – 0,4 V i 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)

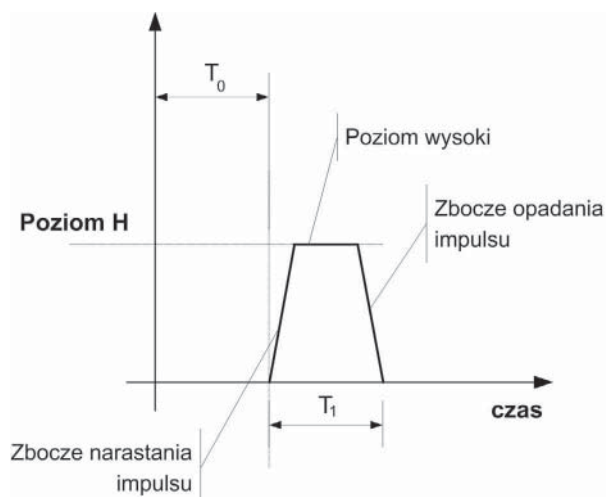


Na rysunku 2.2 widać, iż impulsy obrazują liczbę 0110 w systemie binarnym. W systemie dziesiętnym jest to liczba 6.

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.

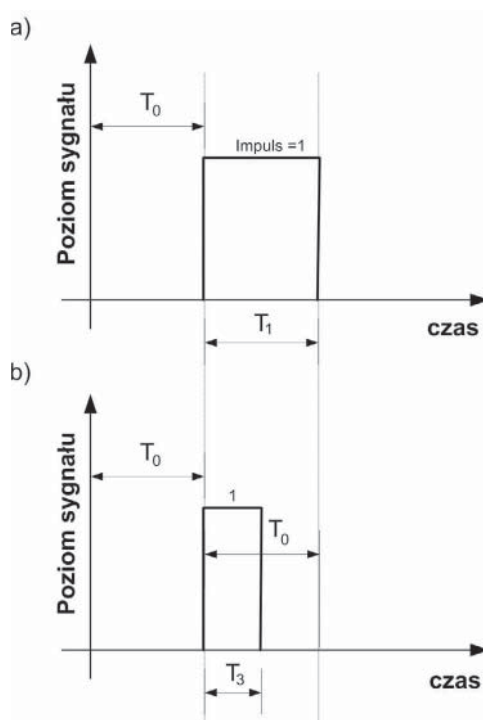
Problem jest znacznie głębszy, aniżeli zaprezentowane przeze mnie spojrzenie logiczne. Więcej do powiedzenia w tej materii mają fizycy i inżynierowie elektrycy, którzy pracują bezpośrednio przy produkcji sprzętu pasywnego. To oni określają parametry produktu.

Zadaniem projektantów systemu okablowania strukturalnego jest odpowiedni dobór elementów względem siebie oraz zapewnienie im odpowiedniego środowiska pracy, zgodnie z wytycznymi zawartymi w karcie produktu. A do tego potrzebna jest podstawowa wiedza z zakresu natury sygnału i aspektów temu 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 przeznaczanej dla 1 bitu, a  $T_1$  i  $T_3$  to czas trwania impulsu



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

Z pojęciem sygnału nierozzerwalnie wiążą się poniższe terminy.

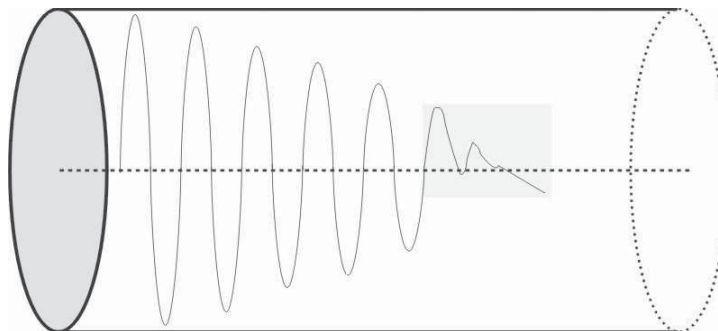
**Tłumienie sygnału** — to nic innego jak zmniejszenie siły sygnału.

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



Na rysunku 2.5 widać sygnał analogowy (sinusoidalny) gasnący. W ostatniej fazie (zaciemniony prostokąt) sygnał jest wyraźnie zniekształcony w stosunku do pierwotnej sinusoidy. W celu przywrócenia pierwotnej „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 ciąg 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.

Zapis ciągu cyfr 1100 w systemie binarnym odpowiada liczbie 12 podawanej 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 przekształcaniej 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 na liczbie  $(127)_{10}$ :

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
2	$\div 2$	1
1	$\div 2$	1

Liczba  $(127)_{10}$  odpowiada zapisowi  $(1111111)_2$ .

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

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

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

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

**Tabela 2.1.** Popularne wielokrotności 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
$2^n$	$2^n$

**Tabela 2.2.** Kombinacje znaków dla słowa 1-, 2- lub 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 8 znaków. Adres IPv6 oparty jest na 128 bitach, co za tym idzie, można przydzielić znacznie więcej 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 ( $2^{128}$ ).

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

Rozwiążmy następujące zadania 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 brankach realizujących typowe funkcje.

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

Dysponujemy argumentami logicznymi (0 i 1), za których pomocą 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 niewyobrażalne. 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.

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

**Demultiplekser** — jak łatwo rozszyfrować, pełni funkcję odwrotną do multipleksera.

**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 odpowiednikiem procesu 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

Załóżmy, 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.

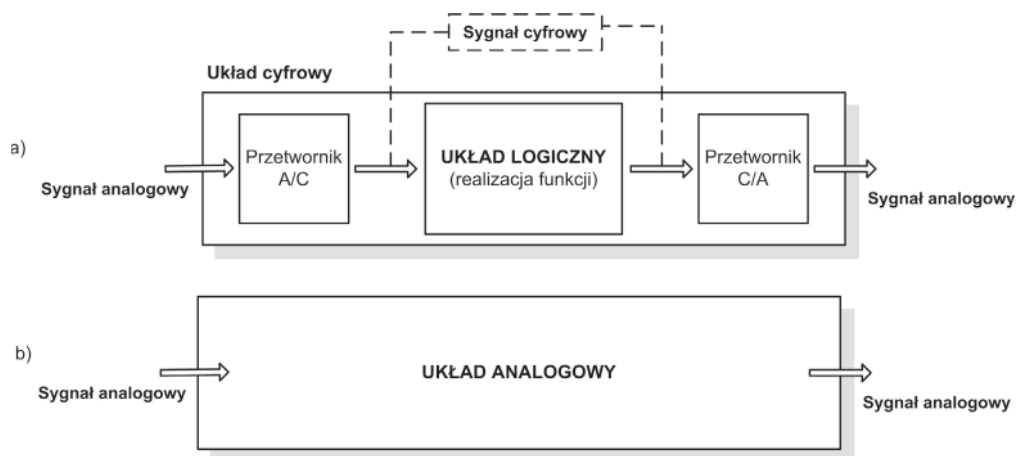
Przełożmy ten przykład na system wykrywania pożaru. Czujnik odbiera sygnał o zadymieniu. Układ logiczny otrzymuje bit = 0. Negocjuje wynik i podaje do układu sterującego wartość 1, która stanowi sygnał do zwolnienia blokady (uruchomienia) systemu gaśniczego.

Powyższe dwa przypadki są — oczywiście — niezmiernie proste, aczkolwiek wystarczające do zasymulowania 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 poddana jest właściwemu przetworzeniu i przywrócona do postaci analogowej (przetwornik C/A).

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.

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).



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

Rysunek 2.8. Symbole podstawowych bramek logicznych

Symbol funkтора logicznego wg MIL-STD-806B

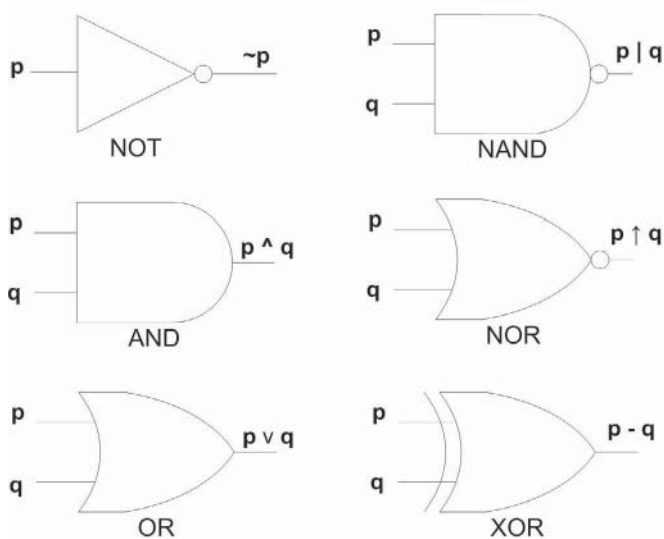
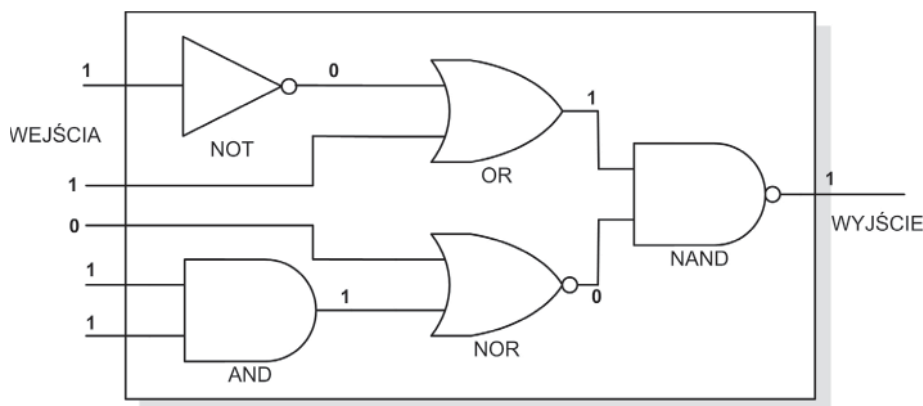


Tabela 2.6. Tabela prawdy dla podstawowych operacji logicznych

p	q	NOT p	NOT q	p AND q	p OR q	p NAND q	p NOR q	p XOR q
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 zostanie wynegocjowany stan logiczny na wyjściu układu. W zależności od kombinacji atrybutów wejściowych zostanie wygenerowany odpowiedni stan na wyjściu.



Rysunek 2.9. Przykładowy układ cyfrowy

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

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

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

Wiedzą 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 trzymają 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 wspominałem 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 oprzeć o rachunek prawdopodobieństwa, gdzie wylicza się ryzyko wystąpienia akurat takiej kombinacji sygnału, 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 dodatkowo posiadana 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:

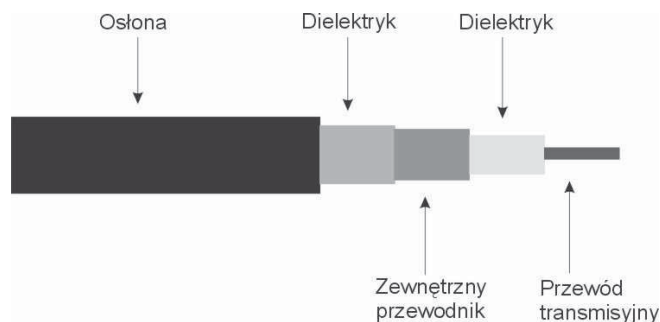
- ♦ kable koncentryczne,
- ♦ kable skręcane (czteroparowe lub wieloparowe).

### Kable koncentryczne

Kable te praktycznie wyszły już z zastosowania 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 w oko z oko z siecią opartą na przewodach BNC, należy zastosować procedurę awaryjną — uciekamy! Oczywiście, żartowałem, jednak archaiczna dziś technologia w przeszłości stanowiła podstawę większości sieci komputerowych. Z takim kablem możemy jeszcze czasem spotkać się 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 powinno mieć rezystancję także  $50 \Omega$ . Terminatory winny być też uziemione — do tego celu służą specjalne łańcuszki.

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 odcinek segmentu sieci.

Kabel koncentryczny ma kilka podstawowych wad. Oto one.

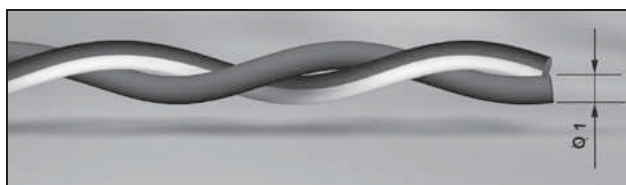
- ◆ Słaba skalowalność — jeżeli chcemy podłączyć nową stację, jesteśmy zmuszeni przeciąć segment, aby zaimplementować dodatkowy trójnik.
- ◆ Ograniczenie szybkości transmisji do 10 Mb/s.
- ◆ W przypadku uszkodzenia kabla zazwyczaj unieruchomiony jest cały segment (domena kolizji).

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 skrócone 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 dotyczy 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 „źle” 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 kończąc 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 rodzaje kategorii 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 zapamiętać o posługiwaniu się przewodami klasy niższej niż kategorii 6.! Zagwarantuje to bezpieczną migrację ze standardu 100Base-TX do 1000Base-T. Całkiem przyjemnie będzie wymienić tylko karty sieciowe i urządzenia aktywne, a nie 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 szalę wady i zalety stosowania przewodów UTP minimum 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:

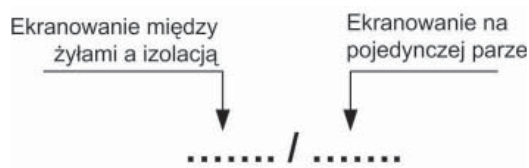
- ◆ podatność na uszkodzenia mechaniczne, szczególnie na zgniecenie np. przez nieuważną, aczkolwiek zgrabną panią sekretarkę,
- ◆ ograniczenie segmentu sieci do 100 m,
- ◆ słabą odporność na zakłócenia przewodów nieekranowanych.

## 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.

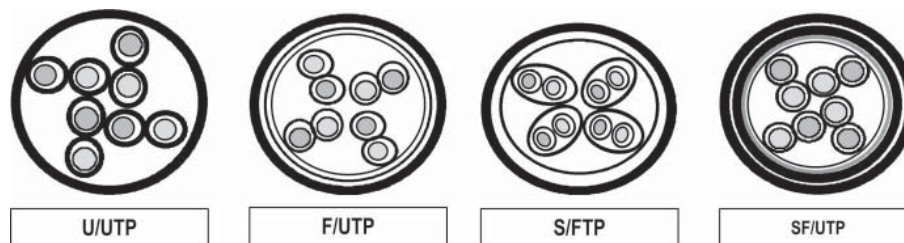
Norma ISO/IEC 11801 w wydaniu drugim z 2002 roku reguluje zasady nazewnictwa kabli instalacyjnych. W tabeli 2.8 przedstawiam zestawienie nowej oraz starej nomenklatury. Pierwszy parametr określa ekranowanie między żyłami a izolacją, natomiast drugi dotyczy ekranu na pojedynczej parze (rysunek 2.12).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

**Rysunek 2.12.**  
Nowe nazewnictwo kabli instalacyjnych



**Tabela 2.8.** Nowe nazwy przewodów instalacyjnych

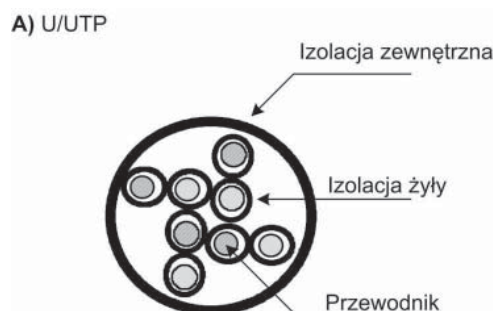
Stara nazwa	Nowa nazwa	Kategoria kabla
UTP	U/UTP	5, 5e, 6
FTP, STP	F/UTP	5, 5e, 6
S-FTP, STP	SF/UTP	5, 5e, 6
---	U/UTP	6
S-STP	S/FTP	6, 7



**Rysunek 2.13.** Porównanie kabli miedzianych

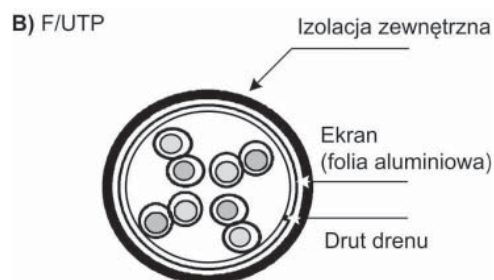
Zwykły kabel U/UTP składa się z czterech par przewodów umieszczonych we wspólnej izolacji (rysunek 2.14).

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



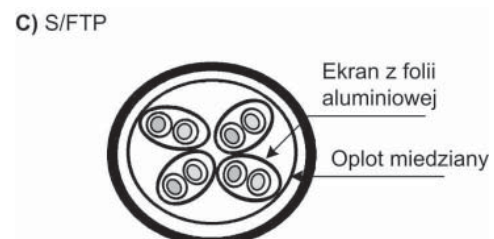
Skęćka F/UTP dodatkowo zabezpieczona jest folią aluminiową, ekranującą (chroniącą) wszystkie żyły w kablu (rysunek 2.15).

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



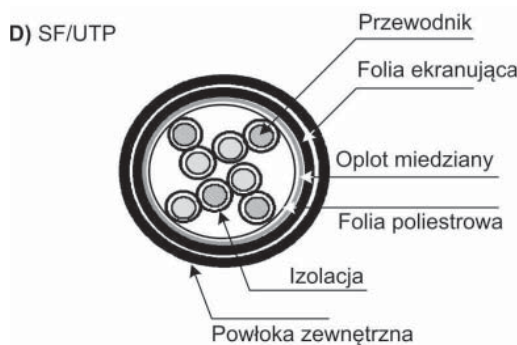
Skęćka S/FTP, oprócz folii ekranującej poszczególne pary, wyposażona jest dodatkowo w opłot miedziany, który znajduje się bezpośrednio pod izolacją zewnętrzną (rysunek 2.16).

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



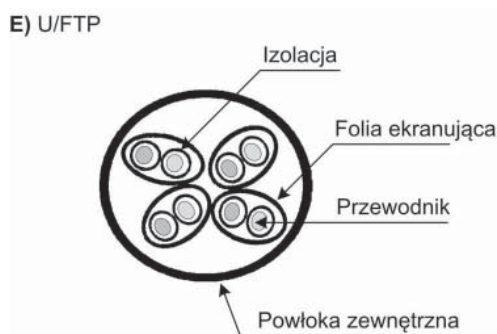
Przewód SF/UTP chroni i ekranuje żyły kabla poprzez cztery warstwy: izolację zewnętrzną, folię ekranującą, oplot miedziany oraz folię poliestrową (rysunek 2.17).

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



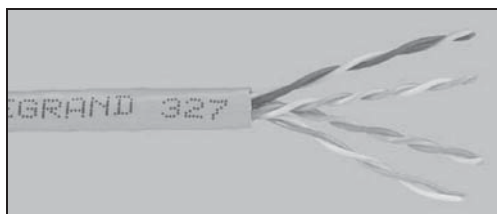
Kabel U/FTP cechuje się osobnym ekranowaniem poszczególnych par (rysunek 2.18).

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



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

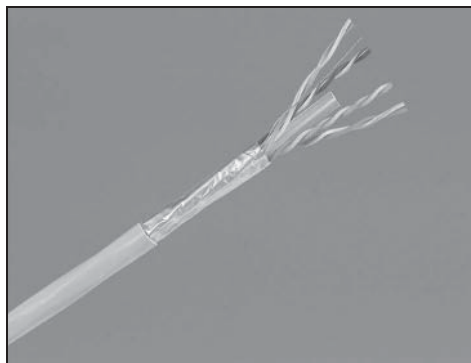
**Rysunek 2.19.**  
Kabel U/UTP  
(Legrand)



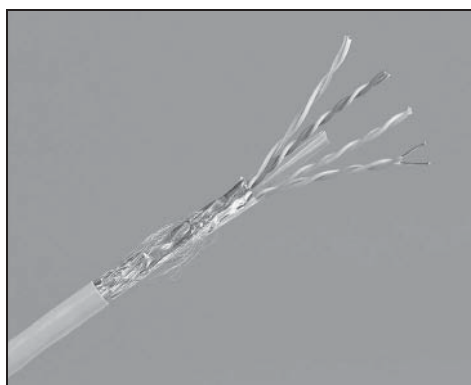
Na rysunku 2.20 doskonale widać ekran (folię) wychodzący spod zewnętrznej izolacji przewodu F/UTP. Analogiczną sytuację dla kabla SF/UTP można zobaczyć na rysunku 2.21.

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% widoczność w trakcie pożaru. Ma to zasadnicze znaczenie podczas akcji ewakuacyjnej i ratowniczej, gdyż trakty

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



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



komunikacyjne (droga ucieczki) są widoczne (niskie zadymienie). W przypadku powłoki z PCV 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 PCV 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 LS0H	500 m szpula, 305 m karton
Kat. 6 U/UTP	PVC i LS0H	500 m szpula
Kat. 6 U/FTP	LSFR0H	500 m szpula
Kat. 5e F/UTP	PVC i LS0H	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 LS0H spełniają wymagania ochrony przeciwpożarowej. Mogą — a w zasadzie powinny — być stosowane wewnątrz budynków. Wyróżniamy powłoki typu LS: LS0H (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 LSF0H 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-retriant</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 łączy (wady wtyczek i gniazd). Jest to bardzo ważny parametr, który określa poziom szkodliwej fali zwrotnej.

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

Częstotliwość kabla (ang. *Frequency*) to parametr wyrażany w MHz.

Maksymalne tłumienie (ang. *Max. Attenuation*) — wartość wyrażana jest w dB/100m.



NEXT (ang. *Near-End Crosstalk*) jest to przesłuch zbliżony między dwiema parami skrętek znajdującymi się w tym samym kablu. Określa różnicę mocy sygnału nadawanego w parze zakłócającej i sygnału powstałego w parze zakłócanej. Pomiar NEXT jest mierzony 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 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 tłumienia dla określonego toru transmisyjnego. Nie jest zależny od długości linii.

Nierozzerwalnie z kablami UTP wiążą się terminy sekwencji i polaryzacji. Sekwencja organizuje 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

Gratuluję 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 „podслуhać” dane przesyłane światłowodem),