

# IEEE802.3 (Ethernet)

## 1. Wprowadzenie

Ethernet to standard wykorzystywany w budowie lokalnych sieci komputerowych. Specyfikacja tego standardu (802.3 IEEE) obejmuje specyfikację kabli, przesyłanych nimi sygnałów, format ramek i protokoły z dwóch najniższych warstw Modelu OSI. Został opracowany w 1976 roku przez firmę Xerox potem rozwijany przez konsorcjum DIX (Dec, Intel, Xerox) a w końcu przyjęty jako standard IEEE. Bazuje na idei węzłów podłączonych do wspólnego medium i wysyłających i odbierających za jego pomocą specjalne komunikaty (ramki). Ta metoda komunikacji nosi nazwę CSMA/CD (*ang. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Każda karta sieciowa posiada unikalny adres MAC. Klasyczne sieci Ethernet mają cztery cechy wspólne. Są to:

- parametry czasowe,
- format ramki,
- proces transmisji
- podstawowe reguły obowiązujące przy ich projektowaniu.

## 2. Adres MAC

**Adres MAC** (*Media Access Control address*) – termin o dwóch znaczeniach:

- nazwa warstwy sterowania dostępem do medium transmisyjnego w modelu OSI,
- sprzętowy adres karty sieciowej w sieciach standardu Ethernet i Token Ring, unikatowy w skali światowej, nadawany przez producenta danej karty podczas jej produkcji.

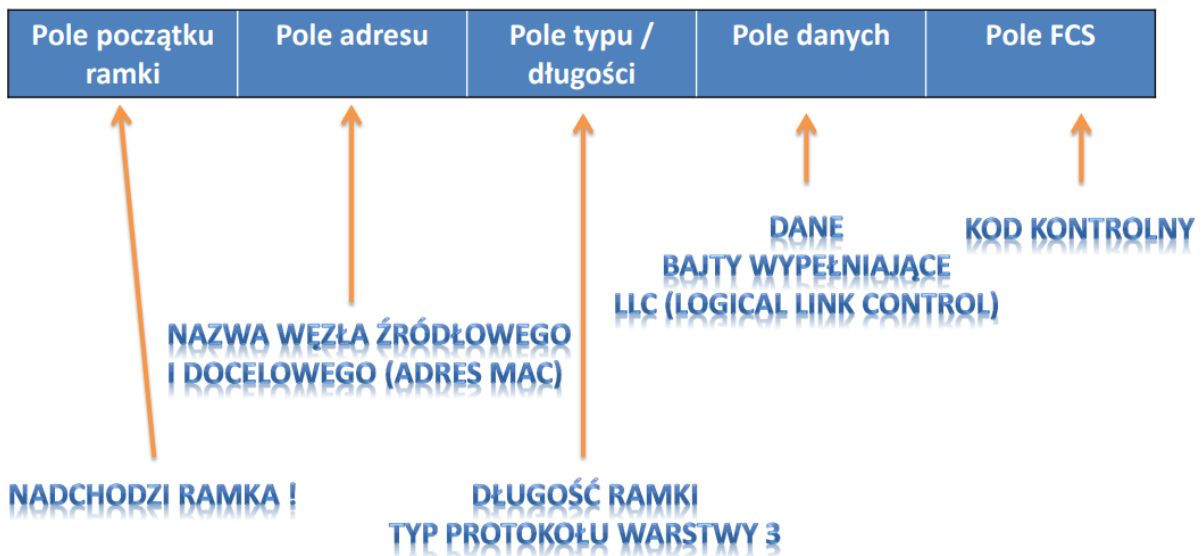
W drugim przypadku adres MAC jest 48-bitową liczbą zapisywaną heksadecymalnie (szesnastkowo). Czasami można się spotkać z określeniem, że adres MAC jest 6-bajtowy, ponieważ 1 bajt to 8 bitów, więc 6 bajtów odpowiada 48 bitom. Pierwsze 24 bity liczby oznaczają producenta karty sieciowej (*ang. vendor code*), pozostałe 24 bity są unikatowym identyfikatorem danego egzemplarza karty. Na przykład adres **00:0A:E6:3E:FD:E1** oznacza, że karta została wyprodukowana przez Elitegroup Computer System Co. (ECS) i producent nadał jej numer 3E:FD:E1. Nowsze karty ethernetowe także ze względu na możliwość pojawienia się kart o tym samym adresie, pozwalają na zmianę nadanego im adresu MAC.

Prócz zakresów adresów przydzielonych dla poszczególnych producentów urządzeń sieciowych, istnieją również zarezerwowane adresy MAC służące chociażby sterowaniu przepływem, testom czy dla przyszłych zastosowań. Adres MAC:

Unikatowy identyfikator organizacyjny (UOI) nadany przez IEEE	Przypisany przez producenta
24 bity	24 bity
6 cyfr szesnastkowych	6 cyfr szesnastkowych
20-6A-8A	34-5E-C5
Broadcom	Konkretne urządzenie

### 3. Format ramki Ethernet

Format ramki ogólnej:



Ramka może z różnych względów nie dotrzeć do adresata, lub dotrzeć uszkodzona. W przypadku braku informacji zwrotnej ACK o dotarciu ramki, jest ona retransmitowana. Trzy podstawowe sposoby obliczania kodu kontrolnego:

- Cykliczna kontrola nadmiarowa (CRC): wykonuje obliczenia na danych.
- Parzystość dwuwymiarowa: każdy kolejny bajt jest wstawiany do dwuwymiarowej tablicy, następnie wykonywana jest kontrola nadmiarowości w każdej kolumnie i wierszu, tworząc tym samym dziewiąty bajt wskazujący nieparzystą lub parzystą liczbę jedynek binarnych.
- Internetowa suma kontrolna: dodawane są wartości wszystkich bitów danych, wynik jest sumą kontrolną.

Ramka Ethernet IEEE 802.3:



\*Liczby w tabeli to ilość oktetów (jednostka informacji składająca się z 8 bitów)



- c. FOIRL - (ang. *Fiber-optic inter-repeater link*) - pierwotny standard Ethernetu wykorzystujący światłowód.

#### **Fast Ethernet:**

Istnienie łącza sygnalizowane jest za pomocą FLP (*Fast Link Pulse*) czyli zestawu 17 impulsów (co 125µs) w odstępach 16ms. Każdy z pierwszych 16 impulsów w grupie jeżeli istnieje może być traktowany jako 1 lub 0 gdy go brak – jest to tak zwane słowo bazowe. 17 impuls jest impulsem zegarowym.

- a. 100Base-TX - podobny do 10BASE-T, ale z szybkością 100Mb/s. Wymaga 2 par skrętki kategorii 5. Obecnie jeden z najpopularniejszych standardów sieci opartych na 'skrętce', Używa kodowania 4B/5B zapożyczonego z FDDI.
- b. 100Base-T4 – standard wykorzystujący skrętkę Cat 3 i 4 pary przewodów.
- c. 100Base-T2 – 2 pary przewodów skrętki kat. 3, wykorzystuje 5 poziomów napięć (PAM5) aby zmniejszyć częstotliwość.
- d. 100Base-FX - Ethernet 100Mb/s za pomocą włókien światłowodowych wielomodowych. Zasięg rozwiązania wynosi do 2km.
- e. 100Base-LX10 - Ethernet 100Mb/s za pomocą włókien światłowodowych jedno i wielomodowych. Zasięg dla jednomodów wynosi 10km, dla wielomodów 550m.
- f. 100Base-SX - Ethernet 100Mb/s za pomocą włókien światłowodowych wielomodowych. Zasięg około 460/550 m.

#### **Gigabit Ethernet:**

Istnienie łącza sygnalizowane jest istnieniem 16-tego impulsu FLP (który oznacza, że będzie nadany dodatkowy zestaw impulsów) oraz tzw. dodatkowa strona.

- a. 1000BASE-T - 1 Gb/s na skrętce kat. 5 lub wyższej. Ponieważ kabel kategorii 6 może bez strat przenosić do 125 Mbit na sekundę, osiągnięcie 1000 Mb/s wymaga użycia czterech par przewodów oraz modyfikacji układów transmisyjnych dającej możliwość transmisji ok. 250Mb/s na jedną parę przewodów w skrętce.
- b. 1000BASE-LX - 1 Gb/s na światłowodzie. Zoptymalizowany dla połączeń na dłuższe dystanse (do 10 km) za pomocą światłowodów jednomodowych. 1000BASE-LH – 1 Gb/s na światłowodzie (do 100 km).

#### **10Gb Ethernet:**

Wykorzystuje w większości podstandardów kodowanie 64B/66B, Rzeczywista prędkość transmisji to 10,3125Gb/s.

- a. 10GBASE-LX4 – 300m z użyciem światłowodów wielomodowych
- b. 10GBASE-ER – 40km z użyciem światłowodów jednomodowych
- c. 10GBASE-CX4 – kable miedziane podwójnie współosiowy (z InfiniBand) długość 15m
- d. 10GBASE-T – wykorzystuje 16 poziomową modulację amplitudy PAM16, operuje z częstotliwością 500MHz optymalnie pracuje ze skrętką kat. 7 z zasięgiem 100m dla kat 6a i 6 może pracować dla mniejszych długości kabla

## **5. Standardy – skrętka / koncentryk**

Skrętka (*od ang. twisted-pair wire*) jest to rodzaj kabla sygnałowego zbudowanego jest z jednej lub więcej par skręconych z sobą przewodów miedzianych, przy czym każda z par posiada inną długość skręcenia w celu obniżenia zakłóceń wzajemnych, zwanych przesłuchami.

### Rodzaje skrętki:

- a. UTP – skrętka nieekranowana (z ang. *unshielded twisted pair*) - cztery pary skręconych, zaizolowanych przewodów, prowadzonych we wspólnej izolacji
- b. FTP – skrętka foliowana (z ang. *foiled twisted pair*) – dodatkowo ekranowana foliowym płaszczem z przewodem uziemiającym
- c. STP – skrętka ekranowana (z ang. *shielded twisted pair*) – ekran jest wykonany w postaci oplotu i zewnętrznej koszulki ochronnej
- d. SFTP – skrętka foliowana ekranowana (z ang. *shielded foiled twisted pair*) każda para przewodów otoczona jest osobnym ekranem z folii, cały kabel pokryty jest oplotem.

### Kategorie skrętki:

- a. klasa C (kategoria 3) – pasmo częstotliwości do 16 Mhz (10Mb/s 10Base-T, 100Base-T4 i 100BaseT2 to ~12,5 MHz)
- b. klasa D (kategoria 5) – pasmo częstotliwości do 100 MHz; (100Base-TX i 1000Base-T – 62,5MHz) kategoria 5e – pasmo 100MHz ale ściśle określony poziom przesłuchów
- c. klasa E (kategoria 6) – pasmo do częstotliwości 250 MHz kategoria 6a – pasmo do częstotliwości 500 MHz. (do 10GBase-T )
- d. klasa F (kategoria 7) – pasmo do częstotliwości 600 MHz. Zastosowane kable SFTP łączonych ekranowanymi złączami. Transmisja z prędkościami przekraczającymi 10Gb/s (10GBase-T 500MHz)

### Parametry skrętki:

Źródło transmisji: elektryczne;

Współpracujące topologie: 10 Mb, 100 Mb, 1 Gb, 10Gb Ethernet, FDDI, ATM;

Maksymalna długość kabla: 100 m;

Minimalna długość kabla: 0,5 m;

Minimalna liczba stacji: 2 na kabel;

Maksymalna średnica sieci: dla 100 Mb – 205 m, dla 10 Mb – ok. 2000 m;

Maksymalna całkowita długość segmentu: 100 m.

### Kabel współosiowy / koncentryk:

Składa się z dwóch przewodów koncentrycznie umieszczonych jeden wewnątrz drugiego, co zapewnia większą odporność na zakłócenia a tym samym wyższą jakość transmisji. Jeden z nich wykonany jest w postaci drutu lub linki miedzianej i umieszczony w osi kabla, zaś drugi (ekran) stanowi oplot. Zastosowanie znalazły dwa rodzaje kabli koncentrycznych:

- a. Cienki Ethernet (*Thin Ethernet*) – (sieć typu 10Base-2) – kabel o średnicy ¼” i dopuszczalnej długości segmentu sieci wynoszącej 185 m. Stosowany nadal zwłaszcza tam, gdzie istnieje potrzeba połączenia na odległość większą niż 100 m.
- b. Gruby Ethernet (*Thick Ethernet*) – (sieć typu 10Base-5) – kable o średnicy ½” i dopuszczalnej długości segmentu wynoszącej 500 m. Nie stosowany obecnie, lecz można go spotkać jeszcze w bardzo starych sieciach.

### Literatura:

[1] Nowicki, Krzysztof (elektronika). Ethernet - sieci, mechanizmy / Krzysztof Nowicki. Gdańsk : INFOTECH, cop. 2006.

[2] Breyer, Robert. Switched, Fast i Gigabit Ethernet / Robert Breyer, Sean Riley ; \*tł. Krzysztof Cieślak+. Gliwice: Wydaw. Helion, 2000.

[3] Spinney, Byron (1960- ). Ethernet : porady praktyczne / Byron Spinney ; z ang. przeł. Agnieszka Michałowska. Warszawa : ZNI MIKOM, 1996.

[4] Sheldon, Thomas. Wielka encyklopedia sieci / Tom Sheldon ; \*przekł. Ryszard Jarza et al.+. Wrocław Wydaw. Robomatic, 1995.

[5] Tanenbaum, Andrew S. (1944- ). Sieci komputerowe / Andrew S. Tanenbaum ; z ang. przeł. Marian Suskiewicz [et al.]. Warszawa : Wydaw. Nauk.-Techniczne, 1988.

# Scenariusz nr 1:

## 1. Sprzęt:

- Wtyki RJ45
- Zaciskarka kabli
- Stripper do kabli
- Kable sieciowe
- Tester do kabli
- Certyfikator kabli – CabelQ Qualification Tester

## 2. Uwagi dotyczące wykonania ćwiczenia:

Wszystkie wykonane w ćwiczeniu czynności i uzyskane informacje udokumentowane zdjęciami muszą zostać zamieszczone w sprawozdaniu.

## 3. Wykonanie ćwiczenia:

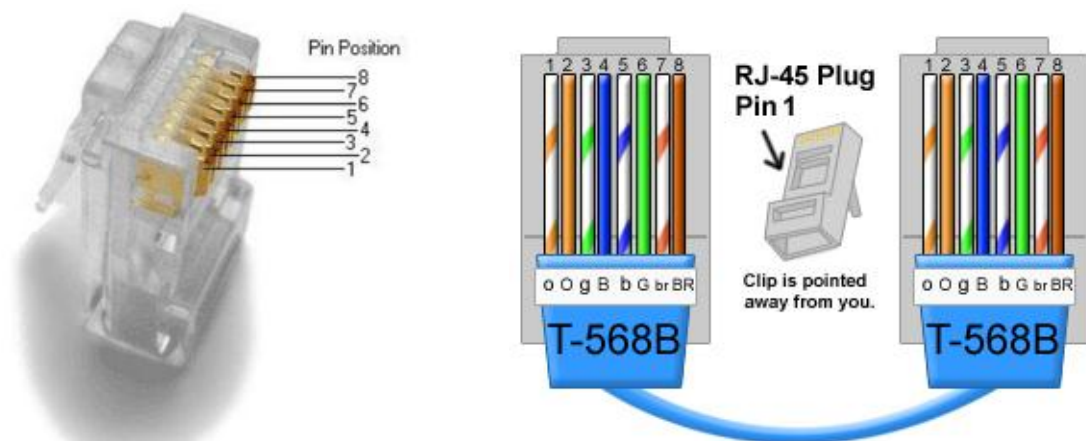
### Faza A:

#### Zaciskanie kabla sieciowego:

- a. Z kabla sieciowego zdejmujemy około 30 mm zewnętrznej izolacji.
- b. Na odsłoniętym kawałku rozkręcamy splot kabli i uporządkowujemy je w kolejności (standard EIA/TIA568B):

- 1 – Biały z pomarańczowym
- 2 – Pomarańczowy
- 3 – Biały z zielonym
- 4 – Niebieski
- 5 – Biały z niebieskim
- 6 – Zielony
- 7 – Biały z brązowym
- 8 – Brązowy

- c. Kable wyrównujemy i przycinamy do długości ok. 12 – 13 mm.
- d. Kable wsuwamy do wtyczki (schemat poniżej).



- e. Wtyczkę z kablem wkładamy do zaciskarki i mocno ściskamy. Poniżej rysunek prawidłowo zaciśniętego kabla. Czynność powtarzamy dla drugiej końcówki.



## Faza B:

### Test przygotowanego kabla (tester podstawowy):

- a. Końcówki zaciśniętego kabla wpinamy w tester.
- b. Włącznik testera przesuwamy w pozycję ON.
- c. Obserwujemy diody na testerze – diody świecące się przy tych samych parach żył sygnalizują prawidłowe zaciśnięcie kabla.

## Faza C:

### Pomiar długości przygotowanego kabla oraz szczegółowe testy:

- a. Za pomocą miarki sprawdzamy długość przygotowanego kabla.
- b. Do jednego końca kabla wpinamy tester a w drugi terminator (niebieska część dołączona w górnej części testera).
- c. Włączamy tester i ustawiamy pokrętkę w pozycji „DISCOVER”.
- d. Sprawdzamy parametry kabli które zostały wyświetlone na testerze.
- e. Przyciskiem F1 wchodzimy do szczegółowego podglądu poszczególnych żył – wykonujemy zdjęcia telefonem.
- f. Przełączamy pokrętkę w pozycję „AUTO TEST”.
- g. Sprawdzamy i zapisujemy standardy, które będą poddane testom (zdjęcie).
- h. Wciskamy przycisk TEST i sprawdzamy, które z analizowanych standardów zostały spełnione a które nie (zdjęcie).
- i. Wybieramy najlepszy ze spełnionych standardów – wciskamy F1 i wchodzimy w szczegóły. Po wejściu do tego okna (opisujemy w sprawozdaniu), pojawiają się trzy części testu, których podgląd możliwy jest po naciśnięciu F1 lub ENTER (zdjęcie).
- j. Identyfikujemy przyczyny niezgodności – rodzaj błędu w oparciu o wskazania testera. Po zidentyfikowaniu rodzaju błędu, na podstawie wskazań testera (dane na temat odległości) sprawdzamy w którym miejscu został on wykryty (na którym kablu, w którym miejscu i jaka jest jego przyczyna).

## Faza D:

Testy kabli przygotowanych przez prowadzącego:

- Postępujemy analogicznie do zadań z Fazy C.
- Kable numer: .....

### 4. Wyniki pomiarów:

- Wyniki pomiarów – szczegółowo opisane według faz/punktów wykonania ćwiczenia wraz ze zdjęciami.
- Wykryte błędy i usterki.
- Wnioski.

## Scenariusz nr 2:

### 1. Sprzęt:

- gniazdka RJ45
- kable krosowane i niekrosowane
- patch panel
- pomiarowy certyfikator kabli – CableIQ Qualification Tester - CiQ-100
- Dokumentacja testera na stronie [heavy.metal.agh.edu.pl](http://heavy.metal.agh.edu.pl)

### 2. Uwagi dotyczące wykonania ćwiczenia:

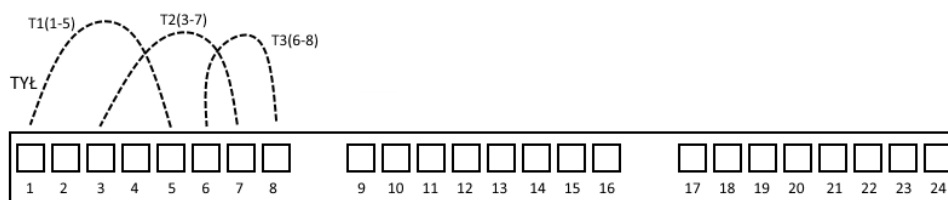
Tester podczas testów powinien leżeć na stole/biurku, zapobiega to wypadaniu wtyczek.

### 3. Wykonanie ćwiczenia:

#### Faza A:

##### Rozpoznanie i planowanie:

- Ręcznie, na kartce papieru narysować początkowy schemat konfiguracji patch panelu oraz kabli do niego wpiętych. Przykładowy schemat:



PRZÓD

Dodatkowo należy zanotować należy charakterystykę kabli: długość poszczególnych kabli zmierzoną metrem, opis widocznych usterek na kablach i wtyczkach i patchpanelu.

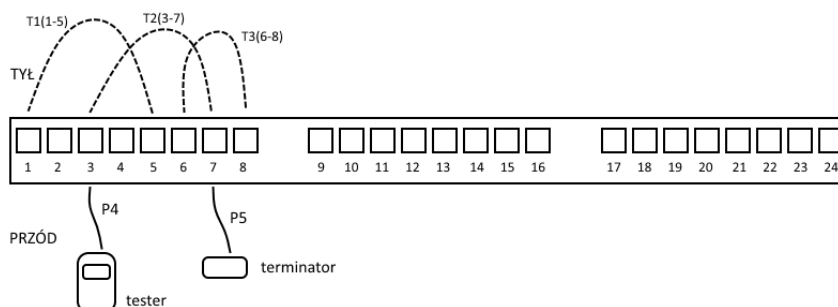
- Przygotować dwa własne kable długości ok. 30 cm (jak w Fazie A scenariusza nr 1) w celu późniejszego dokonania pomiarów na istniejącym układzie w patch panelu (gniazda 1-8).
- Kable wpiętych już w patch panelu (gniazda 1 – 8) nie należy poprawiać/modyfikować – układ ma pozostać bez zmian !!!
- W celu zapoznania się z działaniem testera należy przetestować tryby "DISCOVER" i "AUTOTEST" na jednym z kabli dołączonych do testera oraz na swoich kablach.

#### Faza B:

##### Testy: lokalizacja uszkodzeń:

Dla każdego z kabli z tyłu patchpanelu z gniazd 1-8 należy przeprowadzić następujące testy:

- Za pomocą dwóch przygotowanych przez siebie kabli wpiąć do układu tester i terminator. Przykładowy schemat połączenia (dla każdego schematu narysować osobny schemat)





- b. Uruchomić tester i ustawić w położeniu "DISCOVER"
- c. Sprawdzić parametry ścieżki które zostały wyświetlone na testerze – zapisać je na schemacie. (lub wykonać zdjęcie)
- d. Po naciśnięciu przycisku F1 wejść do szczegółowego podglądu poszczególnych żył i zapisać wyświetlone tam dane.  
W przypadku wykrycia usterek, na podstawie informacji o ich lokalizacji (odległości) wyświetlonych w testerze odszukać w ścieżce miejsca w których występują i zaznaczyć je na schemacie z odpowiednim opisem usterki. (w jakim miejscu, jaka przyczyna, która para żył)

#### **Faza C:**

##### **Testy spełnianych standardów: (dla wszystkich ścieżek badanych w Fazie B)**

- a. Przełączyć tester w opcje "AUTO TEST" i sprawdzić czy ustawione standardy do testów to (1000/100/10) - jeśli jest inaczej, to poprawić konfigurację testera (opcja SETUP).
- b. Wcisnąć przycisk "TEST" i sprawdzić, które ze standardów zostały spełnione a które nie (zanotować lub wykonać zdjęcie).
- c. Wybrać „najlepszy” ze spełnionych standardów i sprawdzić szczegółowe informacje po wciśnięciu na nim F1. Po wejściu do tego okna (opisać je w sprawozdaniu), pojawiają się trzy części testu, których szczegóły są także dostępne po zaznaczeniu ich strzałkami i wciśnięciu F1 lub Enter. (wyjście z aktualnego okna – EXIT). Wykonać zdjęcia uzyskanych informacji.
- d. Identyfikujemy przyczynę ewentualnej niezgodności ze standardem (rodzaj błędu).
- e. Po zidentyfikowaniu rodzaju błędu, na podstawie wskazań testera (danych na temat odległości) sprawdzić w którym miejscu została wykryta usterka (na którym kablu, zacisku, w którym miejscu, jaka jest przyczyna). Usterkę lokalizujemy i zapisujemy o niej informację na schemacie (można sfotografować). (!! NIE NAPRAWIAĆ !!)
- f. W wypadku błędów przesłuchu (Distributed Cable Faults) należy sprawdzić je testerem przez użycie opcji DIAG oraz wybór "Find Crosstalk Fault" i wybór odpowiednich żył do testów.

#### **4.Wyniki pomiarów:**

- Wyniki pomiarów – szczegółowo opisane według faz/punktów wykonania ćwiczenia wraz ze zdjęciami.
- Wykryte błędy i usterki.
- Wnioski.

## Scenariusz nr 3:

### 1. Sprzęt:

- gniazdka RJ45
- kable krosowane i niekrosowane
- patch panel
- pomiarowy certyfikator kabli – CableIQ Qualification Tester - CiQ-100
- Dokumentacja testera na stronie [heavy.metal.agh.edu.pl](http://heavy.metal.agh.edu.pl)

### 2. Uwagi dotyczące wykonania ćwiczenia:

Tester podczas testów powinien leżeć na stole/biurku, zapobiega to wypadaniu wtyczek.

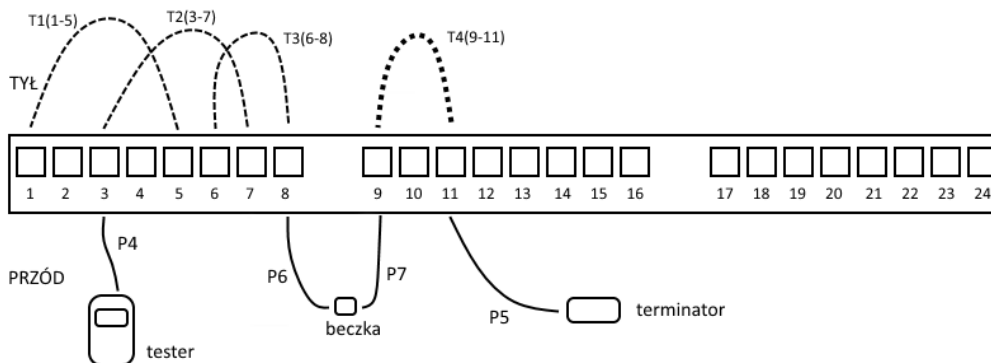
### 3. Wykonanie ćwiczenia:

#### Faza A:

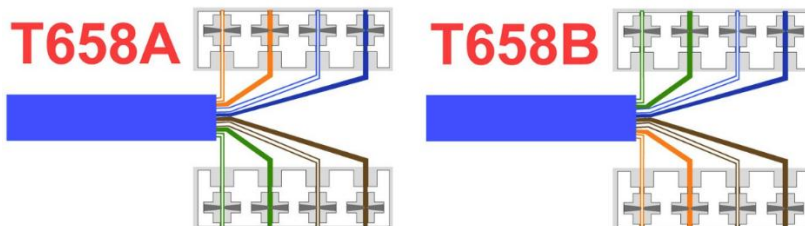
##### Rozpoznanie i planowanie:

- Ręcznie, na kartce papieru należy narysować rozplanowany przez siebie schemat konfiguracji patch panelu oraz kabli do niego wpiętych. Schemat powinien składać się z:
  - Jednego kabla z gniazd 1–8, które już są połączone w patch panelu. (tych kabli nie należy modyfikować/naprawiać)
  - Jednego kabla zaciśniętego przez siebie z tyłu patch-panelu w gniazdach od 9 do 16 (T4 na schemacie)
  - Minimum 1 zaciśniętego przez siebie kabla łączącego kable zaciśnięte z tyłu w patchpanelu pomiędzy portami 1-8 a 9-16. (Ewentualnie dwa kable połączone „beczką” – (na schemacie P6+P7))
  - Dwóch gotowych kabli służących do podpięcia początku i końca ścieżki do testera i terminatora. (na schemacie P4 i P5)

Przykładowy schemat testowy (w wersji dwóch kabli połączonych „beczką”):



- Propozycja schematu musi zostać zaakceptowana przez prowadzącego. Dodatkowo należy zanotować charakterystykę poszczególnych kabli: długość zmierzoną metrem, opis widocznych usterek na kablach i wtyczkach.
- Zaakceptowany schemat należy zrealizować z użyciem dostarczonych i własnoręcznie zaciśniętych kabli, wtyków, zaciskarki. Kable w patch panelu wpiąć przy pomocy noża KRONE zgodnie ze schematem T-568B



- Po zrealizowaniu układu podpiąć tester i terminator i w trybie DISCOVER sprawdzić czy tester ma połączenie z terminatorem.

## Faza B:

### Testy: lokalizacja i próba naprawy uszkodzeń:

Po jakichkolwiek zmianach schematu odnotować na schemacie aktualną charakterystykę ścieżki (najlepiej naszkicować nowy schemat)

- e. Po skonfigurowaniu ścieżki włączyć tester i ustawić w położeniu "DISCOVER". Sprawdzić parametry ścieżki które zostały wyświetlone na testerze – zapisać je na schemacie (lub wykonać zdjęcie)
- f. Po naciśnięciu przycisku F1 wejść do szczegółowego podglądu poszczególnych żył i zapisać wyświetlone tam dane. W przypadku wykrycia usterek, na podstawie informacji o ich lokalizacji (odległości) wyświetlonych w testerze odszukać w ścieżce miejsca w których występują i zaznaczyć je na schemacie z odpowiednim opisem usterki. (na którym kablu, zacisku, w którym miejscu, jaka jest przyczyna). !!! NIE NAPRAWIAĆ !!!
- g. Po konsultacji z prowadzącym spróbować naprawić ewentualne usterki (zaciśnąć wtyczki kabli, poprawić wpięcie przewodów w tylnej części patch panelu, wymienić kable) – !UWAGA! – wykonać tylko dla kabli własnych oraz zaciśniętych w patchpanelu w gniazdach 9-16.

## Faza C:

### Testy spełnianych standardów:

- h. Przełączyć tester w opcje "AUTO TEST" i sprawdzić czy ustawione standardy do testów to (1000/100/10) - jeśli jest inaczej, to poprawić konfigurację testera (opcja SETUP).
- i. Wcisnąć przycisk "TEST" i sprawdzić, które ze standardów zostały spełnione a które nie (zanotować lub wykonać zdjęcie).
- j. Wybrać „najlepszy” ze spełnionych standardów i sprawdzić szczegółowe informacje po wciśnięciu na nim F1. Po wejściu do tego okna (opisać je w sprawozdaniu), pojawiają się trzy części testu, których szczegóły są także dostępne po zaznaczeniu ich strzałkami i wciśnięciu F1 lub Enter. (wyjście z aktualnego okna – EXIT). Wykonać zdjęcia uzyskanych informacji.
- k. Identycznie jak w powyższym punkcie sprawdzić najłabszy z niespełnionych standardów (wykonując odpowiednie zdjęcia lub notatki).
- l. Zidentyfikować przyczynę ewentualnej niezgodności ze standardem (rodzaj błędu).
- m. Po zidentyfikowaniu rodzaju błędu, na podstawie wskazań testera (danych na temat odległości) sprawdzić w którym miejscu została wykryta usterka (na którym kablu, zacisku, w którym miejscu, jaka jest przyczyna). Podobnie jak w Fazie B ewentualną naprawę usterki wykonać jedynie dla kabli własnych.
- n. W wypadku błędów przesłuchu (Distributed Cable Faults) należy sprawdzić je testerem przez użycie opcji DIAG oraz wybór "Find Crosstalk Fault" i wybór odpowiednich żył do testów.

## 4.Wyniki pomiarów:

- Wyniki pomiarów – szczegółowo opisane według faz/punktów wykonania ćwiczenia wraz ze zdjęciami.
- Wykryte błędy i usterki.
- Wnioski.