

# A2B32DAT

## Datové sítě

**Ing. Pavel Bezpalec, Ph.D.**

Katedra telekomunikační techniky  
FEL ČVUT v Praze

[Bezpalec@fel.cvut.cz](mailto:Bezpalec@fel.cvut.cz)

# Ethernet – historie

## ü Havaii – radiová síť ALOHA na propojení ostrovů

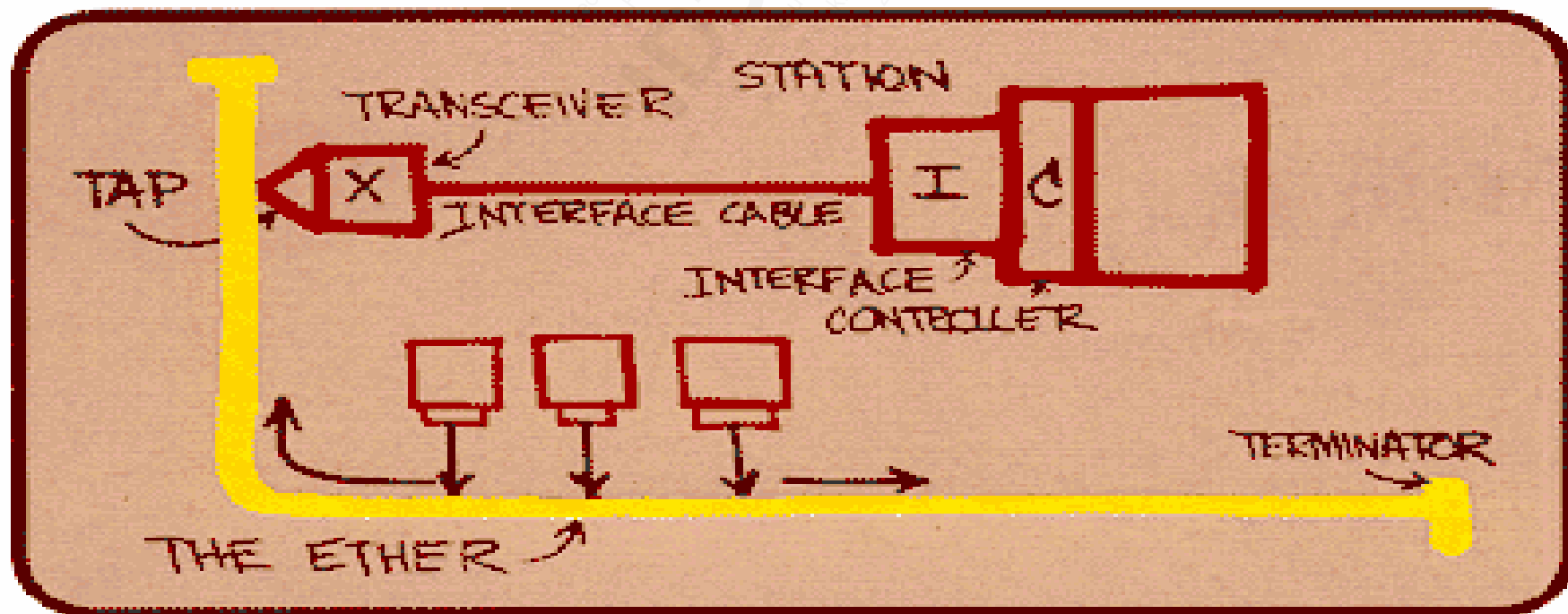
- 1/2 70. Let

## ü PARC (Palo Alto Research Center) – Ethernet

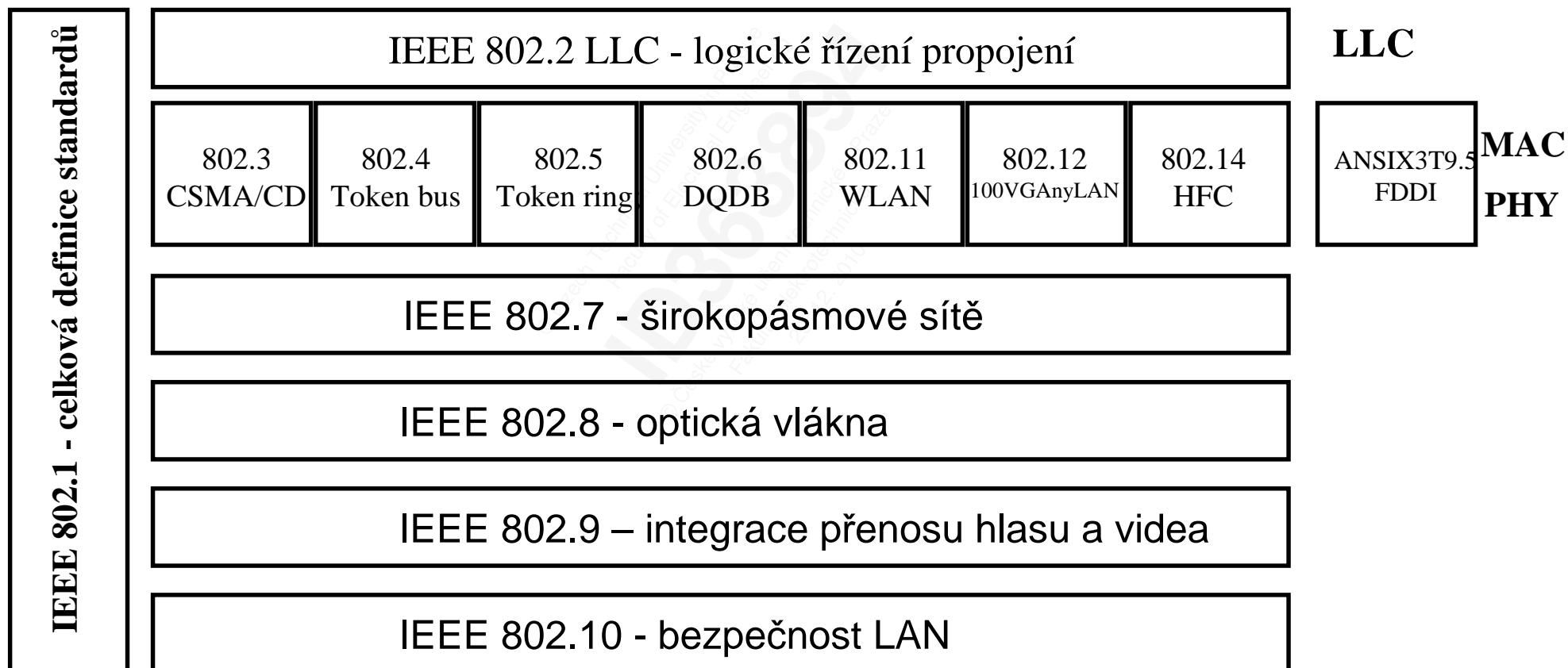
- 2,94 Mbit/s – XEROX (patentováno 1976)
- 10 Mbit/s – DEC, Intel, XEROX (DIX Ethernet, 1980)

## ü Standardizace

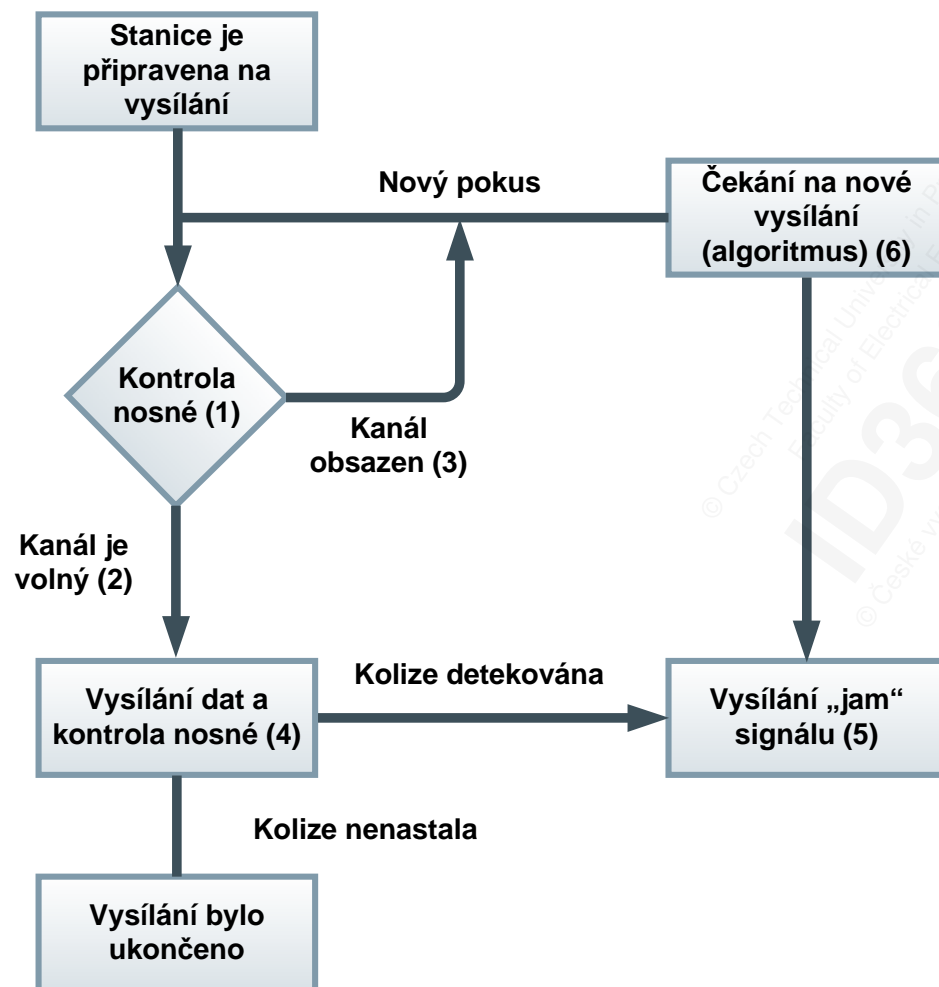
- 1985 – IEEE 802.3 CSMA/CD, ISO 8803.2



# Standardy IEEE pro LAN



# CSMA/CD



## ü CS – Carrier Sense

- Hovoří někdo ?

## ü MA – Multiple Access

- Slyším, co ostatní

## ü CD – Collision Detection

- Hovoří nás více !
- Chvilku počkám a pak to zkusím znovu

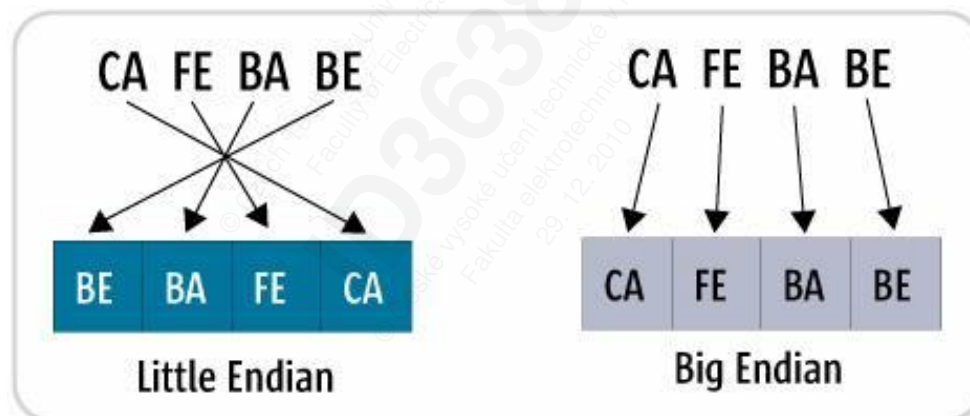
ü CSMA používáme při normálním telefonním hovoru

# Formát rámce Ethernetu

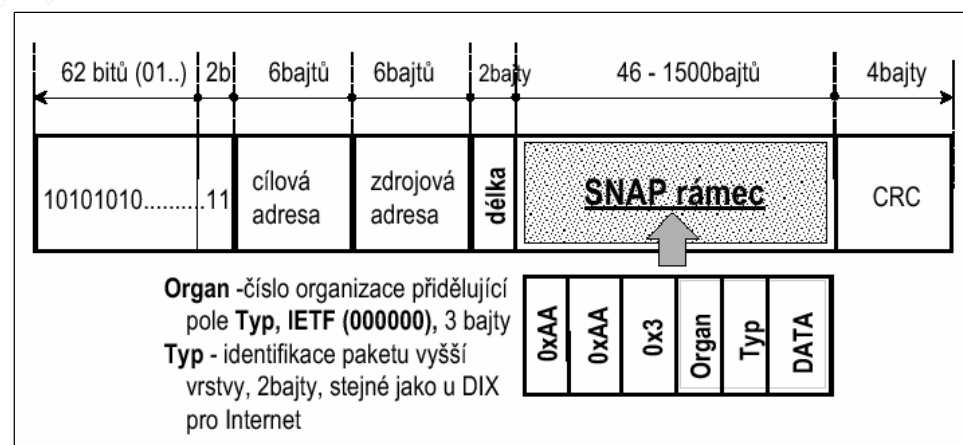
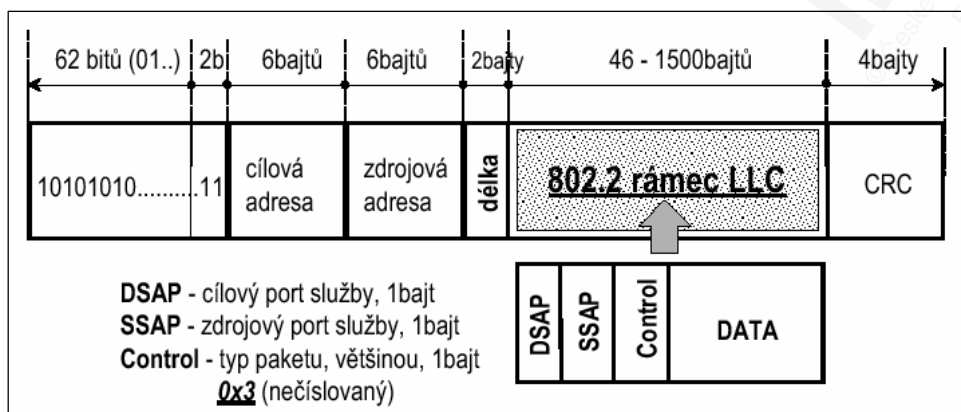
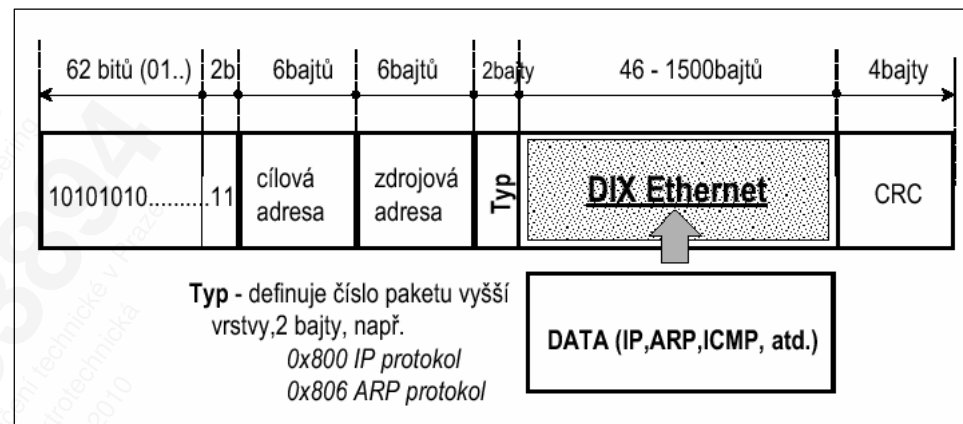
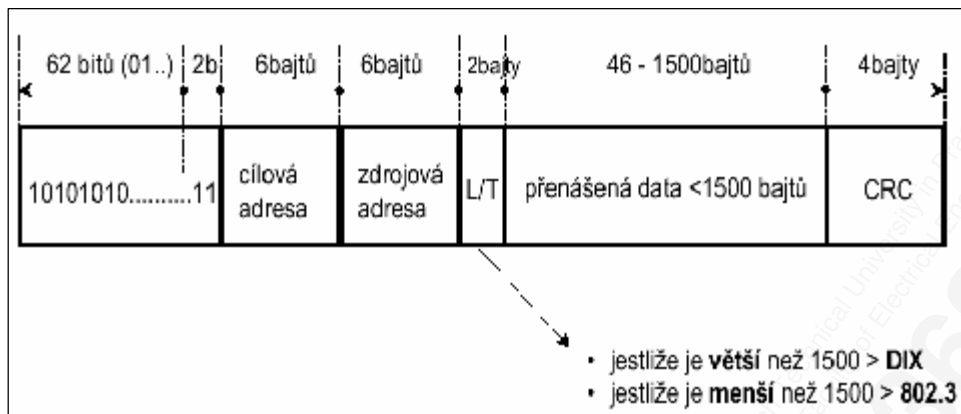


- ü preamble: 10101010...101011
- ü cílová, zdrojová adresa: adresy příjemce a odesilatele
- ü délka: délka nesených dat (pro IEEE 802.3)  
typ: druh přepravovaných dat (pro Ethernet 2)
- ü data: nesená informace, případně doplněna vatou
- ü CRC: kontrolní součet

# Little endian × big endian



# Typy rámců



# MAC adresa



ü 48 bitů dlouhá

- zápis: `xx:xx:xx:xx:xx`  
`xx-xx-xx-xx-xx`  
`xxxx.xxxx.xxxx`

ü nehierarchická struktura

ü povinné označení

- zdrojová stanice
- cílová stanice

ü I/G *Individual / Group address*

- adresa stanice
- skupinová adresa
  - multicast
  - broadcast
    - `FF:FF:FF:FF:FF:FF`

ü U/L *Universal / Local admin.*

- globální správa MAC
- lokální správa MAC

ü OUI *Organizational Unique Id*

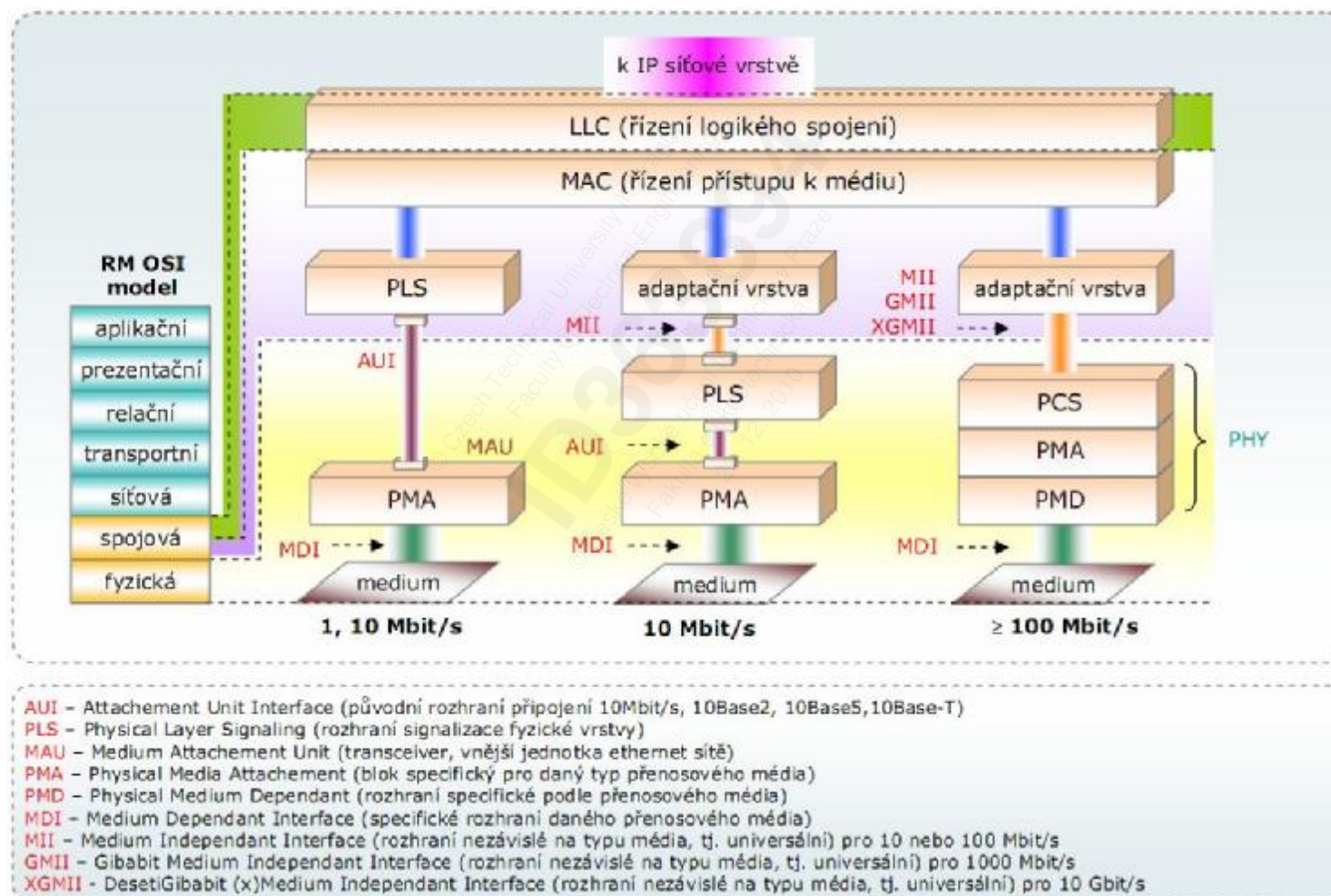
- označení výrobce

ü VSI *Vendor Specific Id*

- sériové číslo, výrobní číslo ...



# Architektura Ethernetu, IEEE 802



# Technologie ... 10 Mbit/s

## ü 10BASE-5

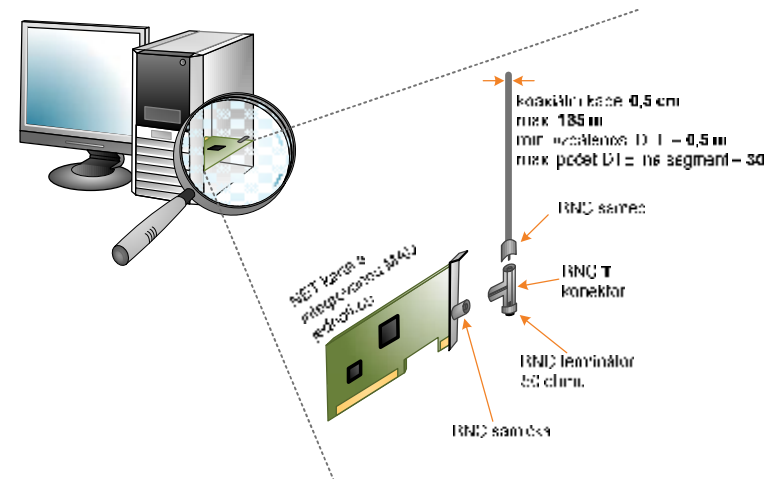
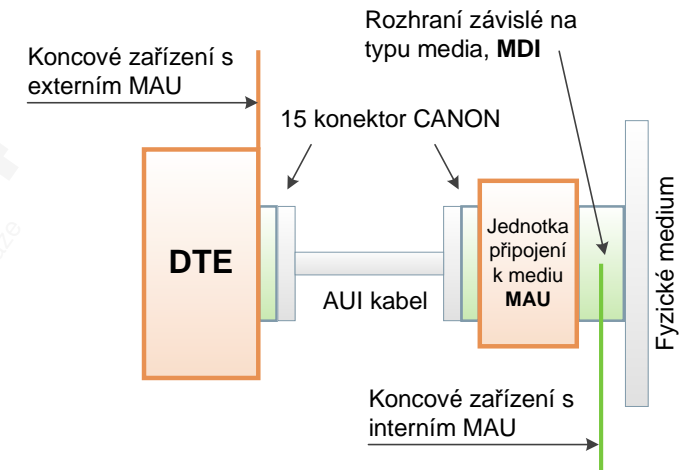
- Přenos v základním pásmu bez předmodulace
- Max. délka segmentu 500m, 1024 stanic
- Medium: tlustý koaxiální kabel
- Topologie: sběrnice

## ü 10BASE-2

- Přenos v základním pásmu bez předmodulace
- Max. délka segmentu 185m
- Medium: tenký koaxiální kabel
- Topologie: sběrnice

## ü 10BASE-T

- Přenos v základním pásmu bez předmodulace
- Max. délka segmentu 100m
- Medium: UTP Cat 3, 4, 5; používá 2 páry
- Topologie: strom

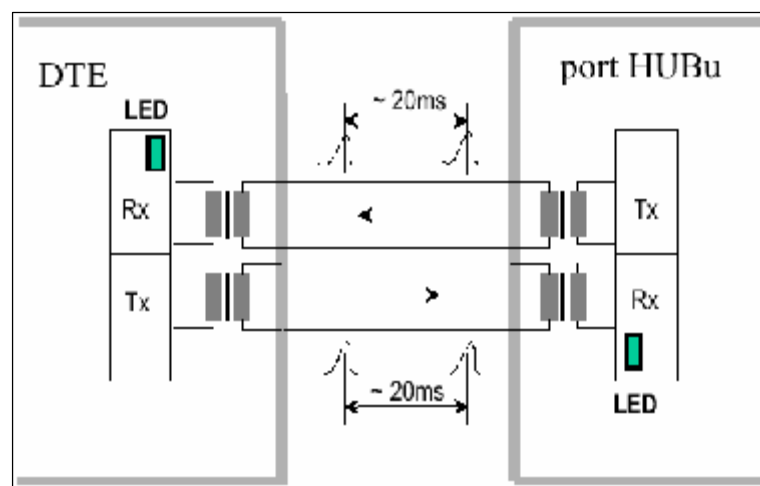
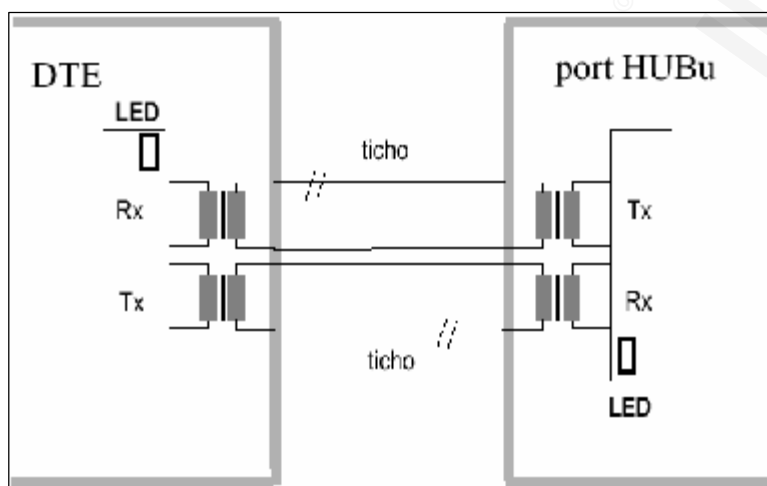
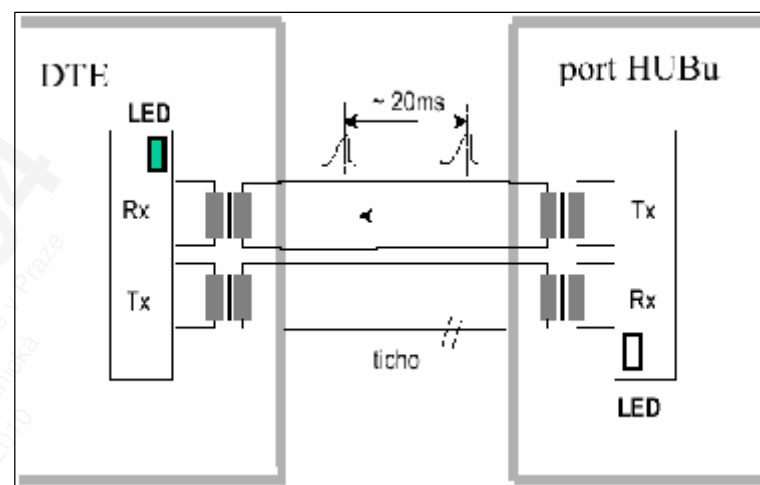


# 10 BASE-T, NLP – *Normal Link Pulse*

• zajištění integrity spojení

• nevysílají-li se data

- 100 ns puls
- každých  $16 \pm 8$  ms

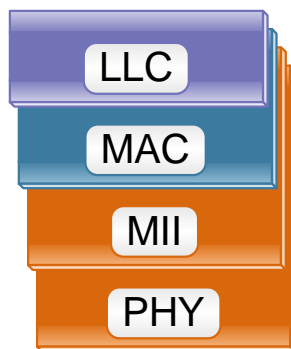


# Technologie ... 100 Mbit/s

## ü FastEthernet – IEEE 802.3u,y

### ü Změny oproti 10 Mbit/s Ethernetu

- 10× zkrácení bitového intervalu
- efektivnější kódování
  - 10 Mbit: Manchester
  - 100 Mbit: 4B/5B a NRZI/MLT3
- mechanismus detekce rychlosti a řízení toku
- délka segmentu max. 100m
- topologie: strom
- 10× zmenšení IFG
  - 9,6  $\mu$ s  $\rightarrow$  0,96  $\mu$ s
- rozdělení fyzické vrstvy
  - PHY, MII



## ü 100BASE-Tx

- přenos v základním pásmu bez předmodulace
- kódování 4B5B, scrambling MLT-3
- médium: UTP Cat 5 a STP
  - s využitím dvou párů

## ü 100BASE-T2

- modulace PAM-5
- kódování 4B5B, scrambling MLT-3
- médium: UTP Cat 3, 4, 5
  - s využitím dvou párů

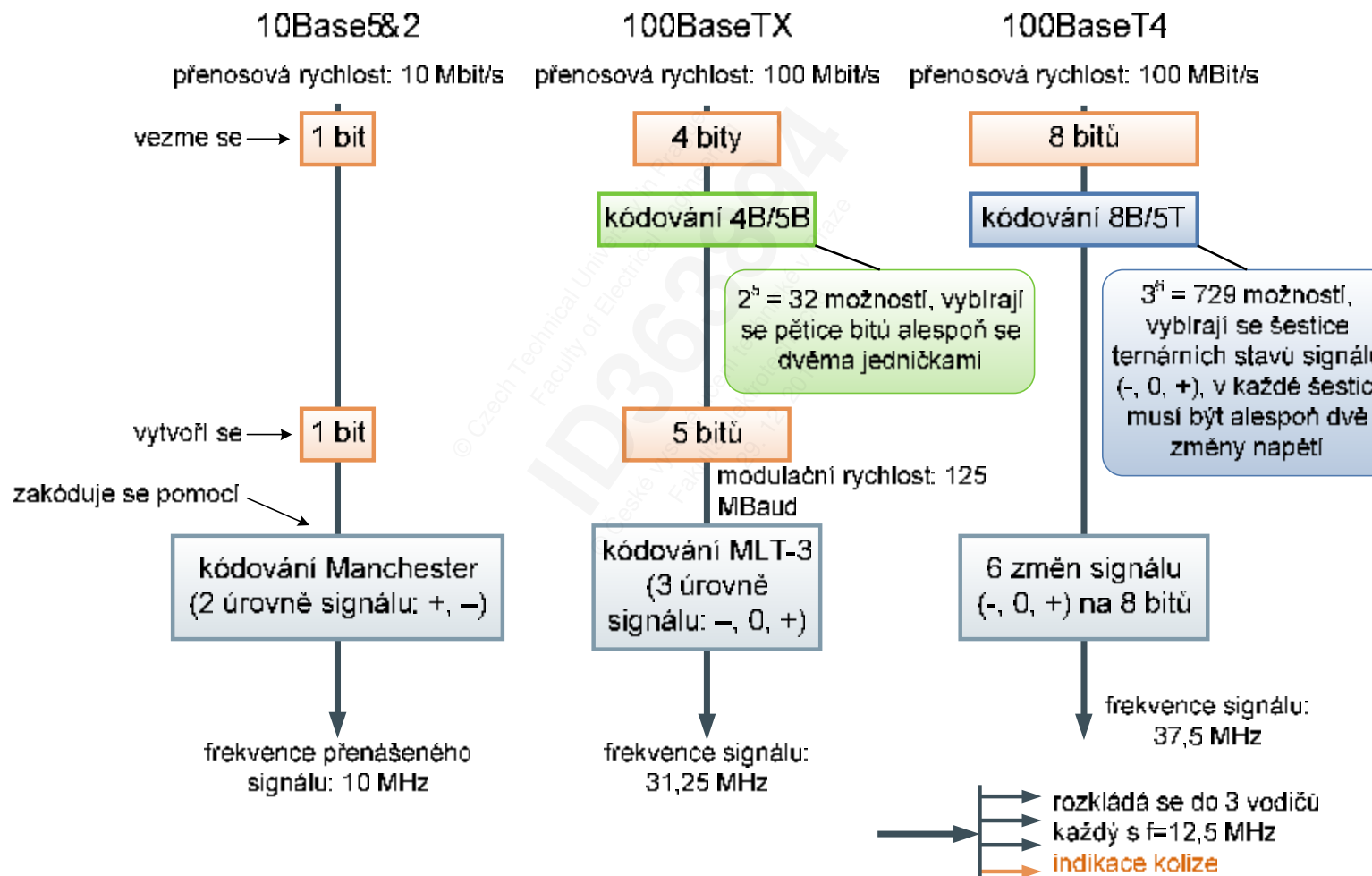
## ü 100BASE-T4

- modulace PAM-3
- kódování 8B5T, scrambling MLT-3
- médium: UTP Cat 3, 4, 5
  - s využitím čtyř párů

## ü 100BASE-Fx

- délka segmentu max. 200m
- médium: multimodové optické vlákno
- max. délka opt. vlákna
  - Full duplex 2000m
  - Half duplex 412m

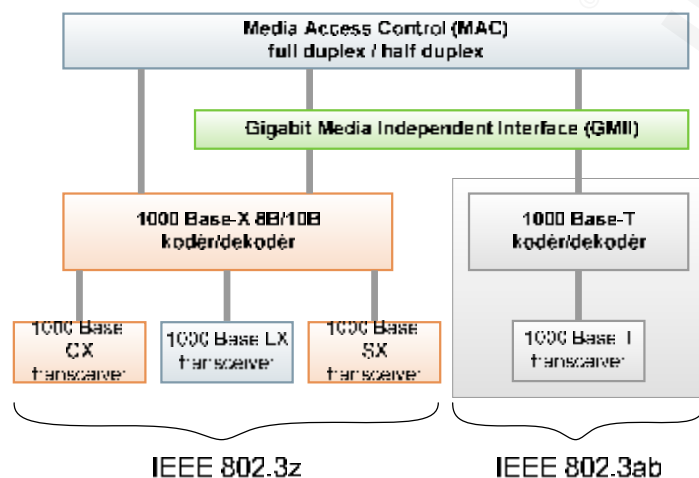
# 10/100 BASE-x – překódování bitů



# Technologie ... 1000 Mbit/s

- ü 1996 – založena GE aliance
- ü Změny oproti 100 Mbit/s Ethernetu

- plný duplex
  - bezkolizní prostředí
  - neplatí omezení na max. vzdálenost
- polovičního duplexu
  - prodloužení „slot time“
    - 64B až 512 B
- nelze použít hub, pouze switch



- ü 1000BASE-T/CX IEEE802.3ab

- kódování 4B5B
- modulace PAM5 (4 dimenze, 5 úrovní)
- max. délka segmentu 100m
- médium: UTP Cat 5+
  - s využitím čtyř párů
- full duplex
- topologie: strom

- ü 1000BASE-SX/LX IEEE802.3z

- kódování 8B10B
- max. délka vlákna 5000m
- médium: optické vlákno
  - krátkovlnný laser (SX), dlouhovlnný laser (LX)
  - singlemod (LX), multimod (LX i SX)
- full duplex
- topologie: strom

# Standard 1000BASE-T

ü definuje IEEE 802.3ab

ü vlastnosti

- plný duplex
- dosah do 100 metrů
- 4 páry UTP Cat 5+
  - všechny páry používají pro současné vysílání i příjem
- způsob kódování
- datový tok se rozloží do 4 párů vodičů
  - 250 Mbit/s na
- frekvence signálu
  - 31,25 MHz

ü autodetekce rychlosti přenosu

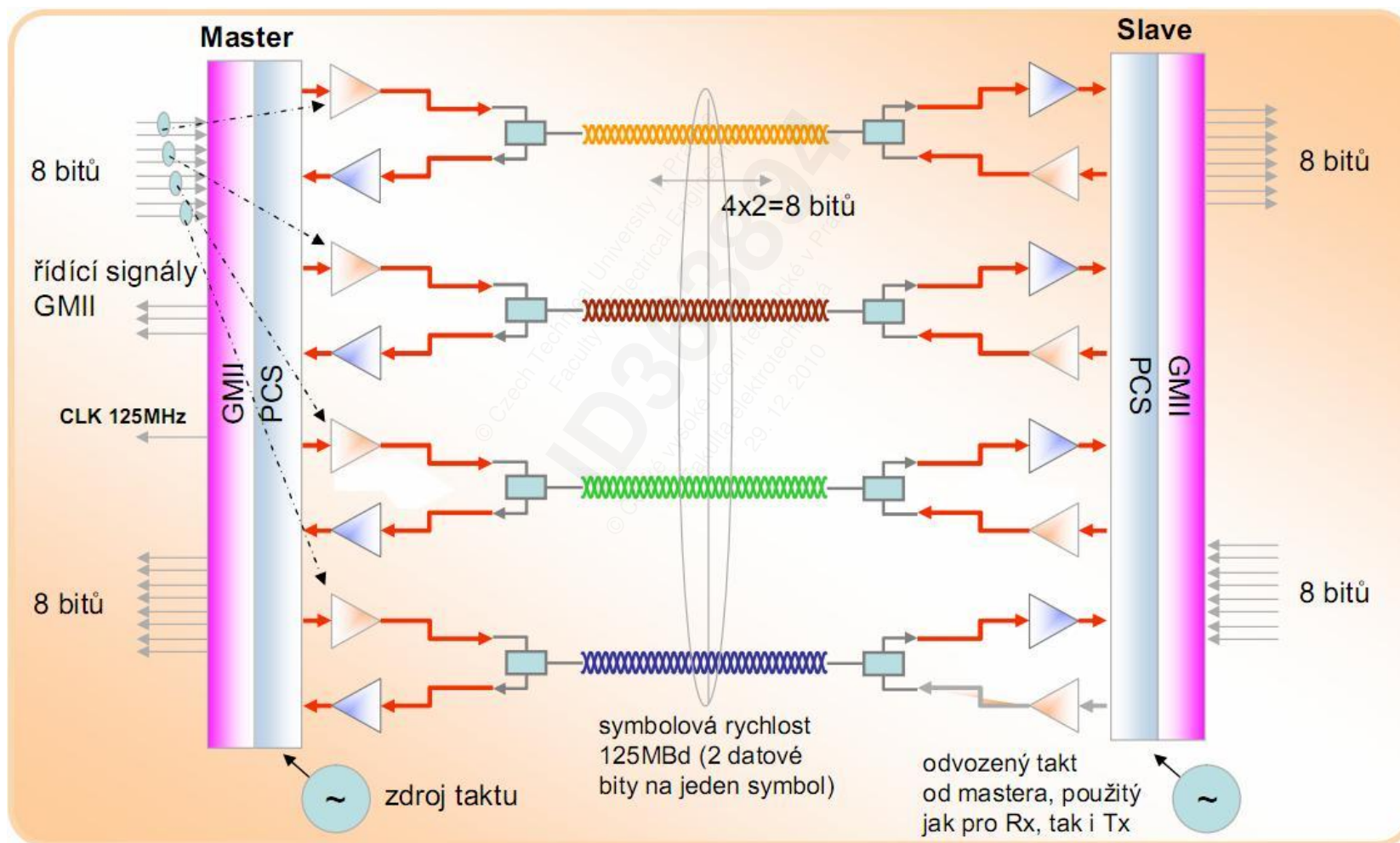
- zpětná kompatibilita s 100BaseT a 10BaseT
- řeší se pomocí pulsů NLP a FLP
- není řešena v rámci optických variant

ü negotiation

- domluva parametrů
  - half/full duplex
  - flow control
  - ...
- existuje u všech verzí GE
  - ne pulsy FLP, ale speciální rámce

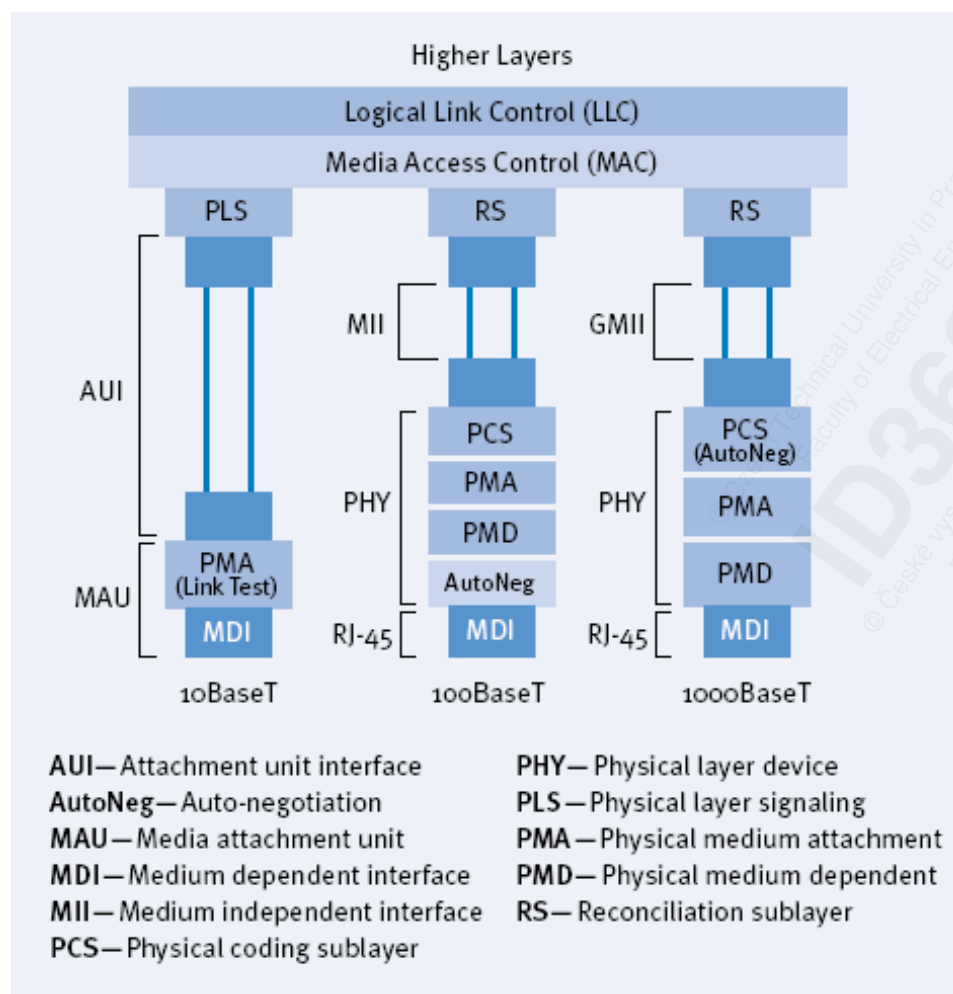


# 1000 BASE-T





# Auto-Negotiation



## Část standardu Ethernetu

- **volitelná**
  - 10 BASE-T, 100 BASE-T
- **povinná**
  - 1000 BASE-T

## umožňuje docílit nejlepší možný přenosový režim

- **přenosová rychlost**
  - 10, 100, 1000 Mbit/s
- **mód přenosu**
  - HDX, FDX

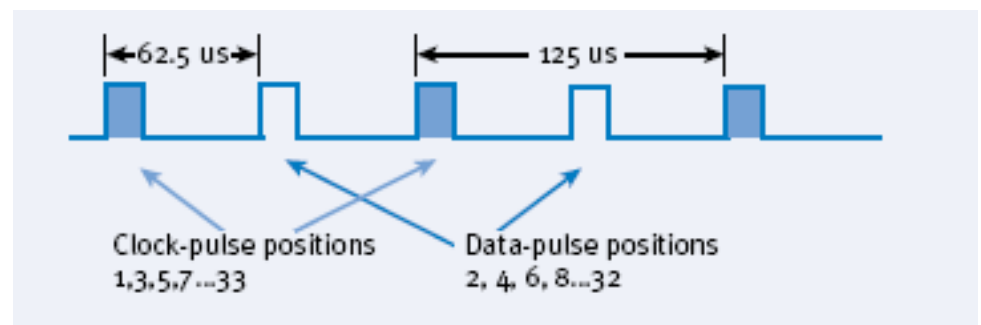
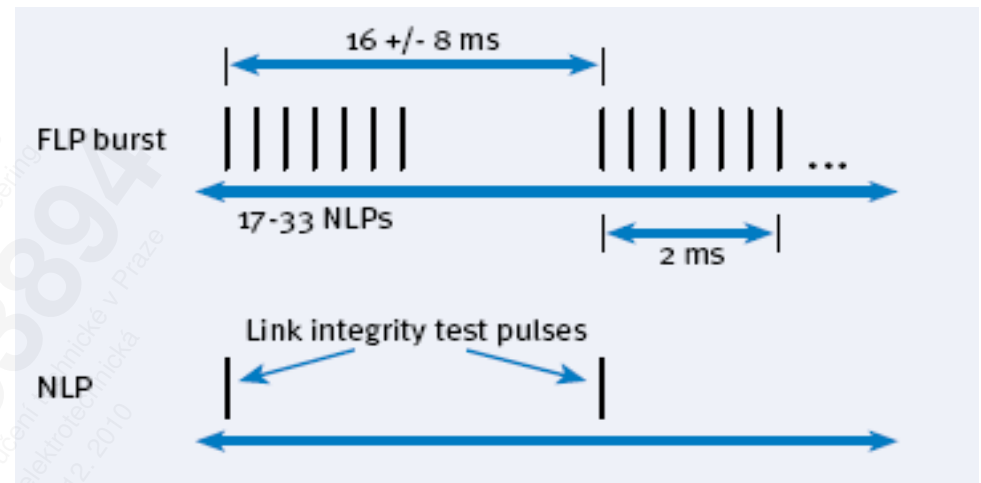
## pomocí FLP (*Fast Link Pulse*)

- **založeno na NLP**

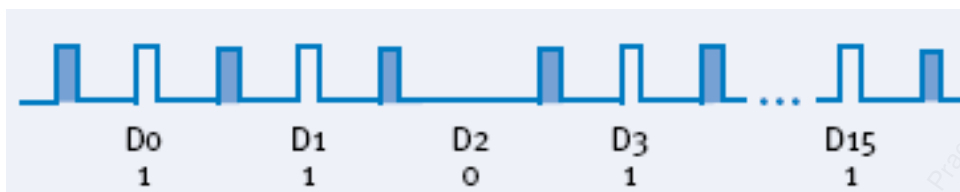
## FLP – *Fast Link Pulse*

### FLP dávka *burst*

- 17-33 pulsů
- šířka pulsu – 100 ns
- perioda stejná jako NLP
  - $16 \pm 8$  ms
- pulsy na liché pozici
  - synchronizace FLP
- sudé pozice
  - datové slovo LCW



# LCW – *Link Code Word*



kódování LCW

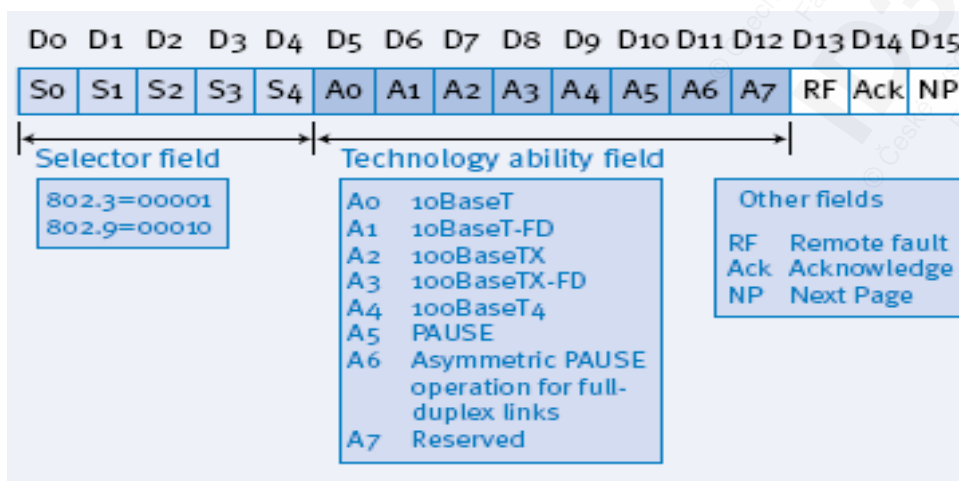
## • kódování LCW

- sudé pozice FLP
- existence pulsu → log. 1
- neexistence pulsu → log. 0

## • rozlišení typu LCW

### • dle bit D15, NP

- 0 → Base Page FLP
- 1 → Next Page FLP



BasePage LCW

# Postup Auto-Negotiation

## 1. BasePage FLP

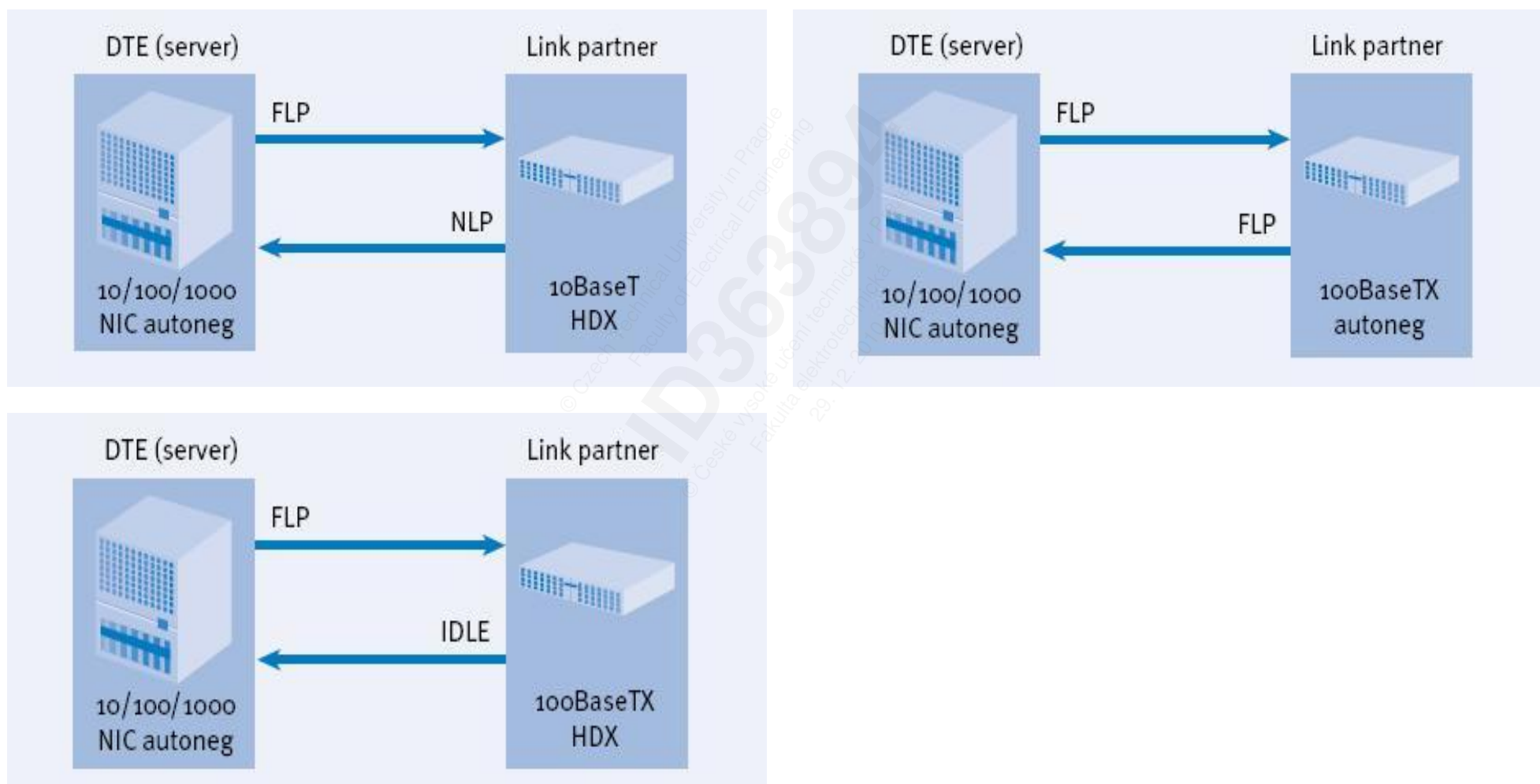
- ü dohodnutí parametrů spojení podle priority
- ü vyšší se vždy přizpůsobí

## 2. Next page FLP

- ü je pro 1000 BASE-T
- ü nastavení dalších parametrů
  - ü přenosová rychlost
  - ü mód přenosu
  - ü režim Master-Slave

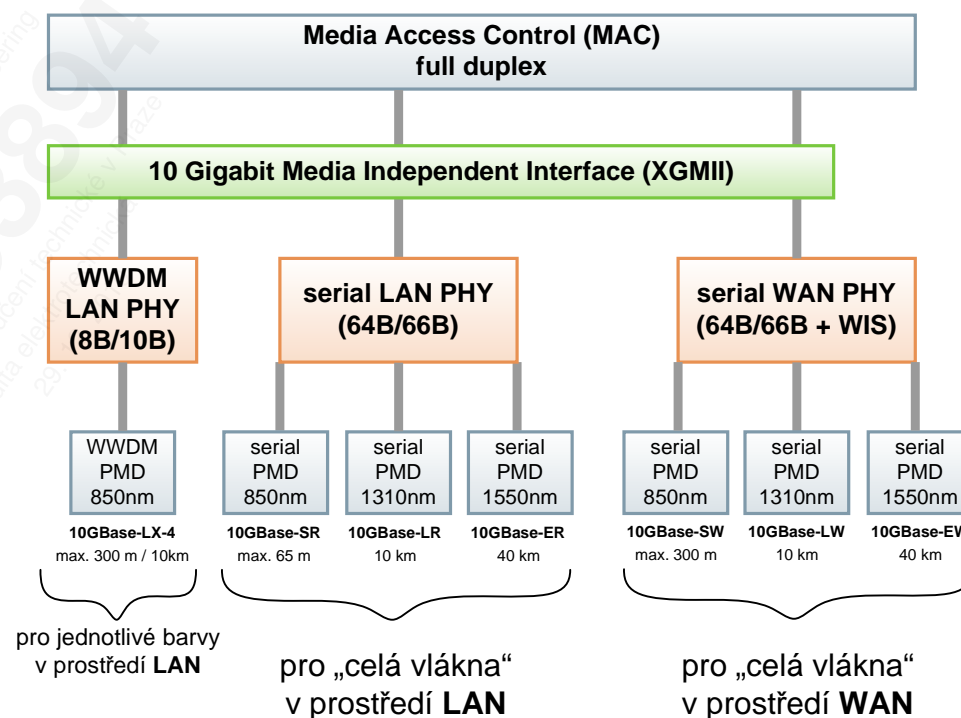
Priority	Technology
1 (highest)	1000BaseT — Full duplex
2	1000BaseT — Half duplex
3	100BaseT2 — Full duplex
4	100BaseTX — Full duplex
5	100BaseT2 — Half duplex
6	100BaseT4
7	100BaseTX — Half duplex
8	10BaseT — Full duplex
9 (lowest)	10BaseT — Half duplex

# Auto-Negotiation – příklady



# Technologie ... 10GE

- ü 1999 – 10GE aliance
- ü 2003 – standard IEEE802.3ae
- ü Změny oproti 1 GE
  - pouze **plný duplex**
  - optické vlákno
    - dosah až 40km
    - „plné“ vlákno
      - **mnohovid**
      - **jednovid**
    - „barvy“ získané DWDM
  - **metalika**
    - CAT 6 – dosah max 56m
    - CAT 7 – dosah max 100m
  - **LAN PMD**
    - 10 Gbit/s
  - **WAN PMD**
    - SONET STS-192-c, SDH VC-4-64c

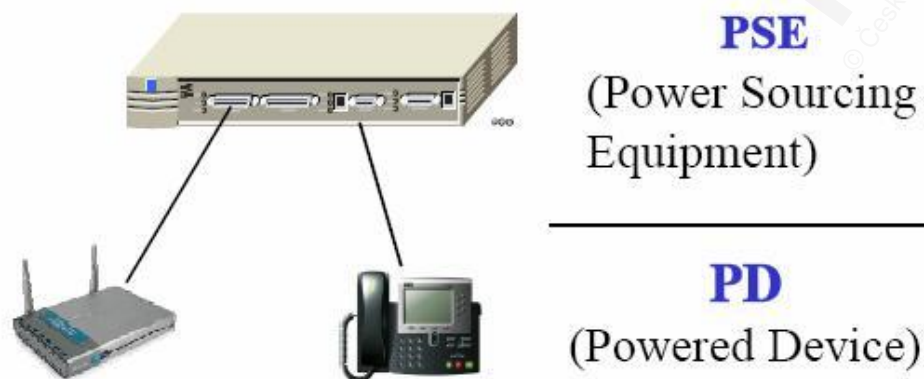


# Power over Ethernet

## ü 1999 – první myšlenka

- mnoho „malých“ Eth. zařízení má malý příkon ... proč je nenapájet po datovém kabelu

## ü 2003 – standard IEEE802.3af



## ü Použití: UTP CAT 5+

### • varianta 1

- 2 páry pro data – piny 12, 36
- 1 pár pro napájení – piny 78

### • varianta 2

- 2 páry pro data i napájení
- fantomní provoz

## ü Max. příkon

- 15W, 48V
- transformace na nižší napájení

## ü Postup

1. PSE malým napětím zkouší, zda PD podporuje PoE
2. přechod na „plný“ výkon

# Ethernet in the First Mile

ü snaha eliminovat režii v přístupových systémech

- ADSL, ATM, SDH, SONET ...

ü EFMC

- dvoubodové spoje po metalických vedeních
- symetrická přenosová rychlost
  - 10Mbit/s na 750m
  - 2 Mbit/s na 2700m

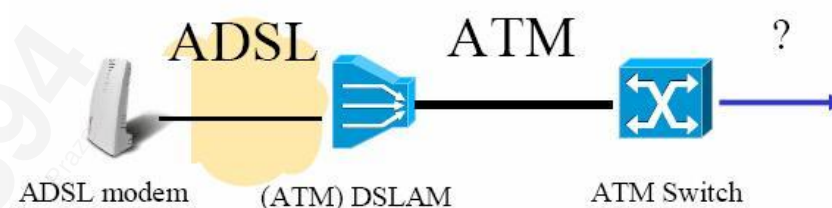
ü EFMF

- dvoubodové spoje po jednovidových optických vláknech
- 100/1000 Mbit/s až na 10 km

ü EFMP

- vícebodové spoje po optických vláknech s pasivním rozbočením
- symetrická přenosová rychlost
  - 1 Gbit/s až na 20km

současný stav – ADSL a ATM



↓ Ethernet pro napojení DSLAMů na páteřní síť



↓ nasazení EFM také na místní smyčky





# Dotazy



Právní doložka (licence) k tomuto Dílu (elektronický materiál)

České vysoké učení technické v Praze (dále jen ČVUT) je ve smyslu autorského zákona vykonavatelem majetkových práv k Dílu či držitelem licence k užití Díla. Užívat Dílo smí pouze student nebo zaměstnanec ČVUT (dále jen Uživatel), a to za podmínek dále uvedených.

ČVUT poskytuje podle autorského zákona, v platném znění, oprávnění k užití tohoto Díla pouze Uživateli a pouze ke studijním nebo pedagogickým účelům na ČVUT. Toto Dílo ani jeho část nesmí být dále šířena (elektronicky, tiskově, vizuálně, audiem a jiným způsobem), rozmnožována (elektronicky, tiskově, vizuálně, audiem a jiným způsobem), využívána na školení, a to ani jako doplňkový materiál. Dílo nebo jeho část nesmí být bez souhlasu ČVUT využívána ke komerčním účelům. Uživateli je povoleno ponechat si Dílo i po skončení studia či pedagogické činnosti na ČVUT, výhradně pro vlastní osobní potřebu. Tím není dotčeno právo zákazu výše zmíněného užití Díla bez souhlasu ČVUT. Současně není dovoleno jakýmkoliv způsobem manipulovat s obsahem materiálu, zejména měnit jeho obsah včetně elektronických popisných dat, odstraňovat nebo měnit zabezpečení včetně vodoznaku a odstraňovat nebo měnit tyto licenční podmínky.

V případě, že Uživatel nebo jiná osoba, která drží toto Dílo (Držitel díla), nesouhlasí s touto licencí, nebo je touto licencí vyloučena z užití Díla, je jeho povinností zdržet se užívání Díla a je povinen toto Dílo trvale odstranit včetně veškerých kopií (elektronické, tiskové, vizuální, audio a zhotovených jiným způsobem) z elektronického zařízení a všech záznamových zařízení, na které jej Držitel díla umístil.