

# 1. přenáška

---

## **Základy IP telefonie**

# Úvodní test

---

1. Co znamená RJ u např. RJ-11, RJ-12, RJ-14, RJ-45, RJ-61?
2. Kolik žil má RJ-11?
3. Definujte pojem „kanál nosných služeb“?
4. Co znamená 2B+D?
5. Co znamená zkratka ISDN?
6. Jaké znáte architektury počítačů?
7. Jakou přenosovou rychlost používá MP3?
8. Kolik znaků má kód ASCII a kolik EBDIC?
9. Co pokrývá specifikace IEEE 802.3af?

# Obsah předmětu

---

Prvky infrastruktury IP telefonie. Kodeky a jejich požadavky na pásmo.

Signalizační a komunikační protokoly v IP telefonii. Hlasové brány.

Přenosové plány v IP sítích, číslování veřejných pevných a mobilních sítí, přenositelnost čísel.

Využití DNS pro IP telefonii. Koncová zařízení a ústředny IP telefonie, otevřená a komerční řešení.

Provisioning VoIP koncových zařízení.

Škála služeb IP telefonie a konfigurační možnosti dostupných síťových prvků.

Specifika kvality služeb (Quality of Service – QoS) z hlediska hlasových služeb.

Sledování kvality služeb (QoS) datových sítí z hlediska VoIP. Principy a použití dohledových systémů

Monitorování, měření a hodnocení QoS hovorového signálu v IP telefonii.

Možnosti síťových prvků z hlediska zajištění požadované QoS.

Alternativní, přelivové a zálohové směrování v telefonních sítích.

Směrování a obsluha tísňových hovorů.

Útoky na bezpečnost IP telefonie, metody jejího zajištění v rámci síťové infrastruktury.

# Doporučená literatura

---

- **Ahmed, Adeel – Madani Habib – Siddiqui, Talal. VoIP Performance Management and Optimization (Networking Technology: IP Communications). Cisco Press 2010, 448 s.**
- **Collins, Daniel. Carrier Grade Voice Over IP. McGraw-Hill Professional, 2002. 522 s.**
- **Hersent, Olivier – Petit, Jean-Pierre – Gurle, David. Beyond VoIP Protocols. Wiley, 2005, 416 s.**
- **Kaza, Ramesh, Asadullah, Salman. Cisco IP Telephony: Planning, Design, Implementation, Operation, and Optimization. Cisco Press, 2005, 672 s.**
- **Minoli, Daniel. Voice over IPv6. Elsevier Inc., 2006.**
- **Natsvlishvili, Irakli – Collins, Daniel. Carrier Grade VoIP. McGraw-Hill, 2010. 608 s.**
- **Park, Patrick. Voice over IP Security. Cisco Press, 2009. 362 p.**
- **Vozňák, Miroslav. Voice over IP. Skripta VŠB – TU Ostrava, 2008. 176 s.**
- **Wallace, Kevin. Cisco VoIP. Computer Press 2009.**
- **Teorie a praxe IP telefonie. Ročníky 2004, 2006, 2008 a 2010.  
Přednášky z konferencí na <http://www.ip-telefon.cz/>.**
- **Raake, Alexander. Speech Quality of VoIP. John Wiley & Sons, Ltd. 2006. 310 s.**

# Osnova přednášky

---

1. Klasická telefonie
2. Digitalizace hlasu
3. Na cestě k IP telefonii

---

# 1. Klasická telefonie

# Historie

---



# Telefony a operátoři

Od r. 1876





# Reléové ústředny



# Ústředny tranzistorové



# Součásti telefonní sítě

---

- Koncová zařízení
- Místní smyčky
- Telefonní přepínače
- Okruhy (přenáší více souběžných hovorů)

# Koncové zařízení

---

- a-vodič (anglicky tip wire)
- b-vodič (anglicky ring wire)
- napájen stejnosměrným napětím -48 V

# Signalizace

---

## ■ Kontrolní

### - smyčková

Ize začít vytáčet po zvednutí sluchátka  
oslnění: předběhnutí signalizace

### - signalizace přizemněním

signál zemnění identifikuje obsazení

### - zvonění

USA: 90 V stř. pr., 20 Hz, Evropa 60 – 90 V stř. pr., 25 Hz

## ■ Adresní

pulzní (otočný číselník) volba

tónová resp. frekvenční volba (DTMF Dual-Tone Multi Frequency)

## ■ Informační

oznamovací tón, vyzváněcí tón, výzva k uvolnění vedení (obsazení)

# Příklad nastavení klidového napětí a frekvence zvonění na směrovači Cisco

---

```
Router(config-voiceport)#idle-voltage {low | high}  
! -24 V nebo -48 V
```

```
Router(config-voiceport)#ring frequency ?  
25 ring frequency 25 Hertz  
50 ring frequency 50 Hertz
```

# Informační signalizace

---

oznamovací tón .... 425 Hz a 330 ms / 330 ms / 660 ms / 660 ms

vyzváněcí tón ..... 425 Hz a 1 s / 4 s

obsazovací tón ..... 425 Hz a 330 ms / 330 ms

napojovací tón ..... 425 Hz a 330 ms / 330 ms / 330 ms / 1,5 s

odkazovací tón ..... 950 Hz a 330 ms / 30 ms +  
+ 1400 Hz a 330 ms / 30 ms +  
+ 1800 Hz a 330 Hz / 1 s

# Adresní signalizace

(frekvenční resp. tónová resp. DTMF resp. MFC volba)

---

číslice 1 ... 697 Hz + 1209 Hz

číslice 2 ... 697 Hz + 1336 Hz

číslice 3 ... 697 Hz + 1477 Hz

znak A ... 697 Hz + 1633 Hz

číslice 4 ... 770 Hz + 1209 Hz

číslice 5 ... 770 Hz + 1336 Hz

číslice 6 ... 770 Hz + 1477 Hz

znak B ... 770 Hz + 1633 Hz

číslice 7 ... 852 Hz + 1209 Hz

číslice 8 ... 852 Hz + 1336 Hz

číslice 9 ... 852 Hz + 1477 Hz

znak C ... 852 Hz + 1633 Hz

znak \* ... 941 Hz + 1209 Hz

číslice 0 ... 941 Hz + 1336 Hz

znak # ... 941 Hz + 1477 Hz

znak D ... 941 Hz + 1633 Hz

Přítomnost vysílaných frekvencí) je min. 70 ms

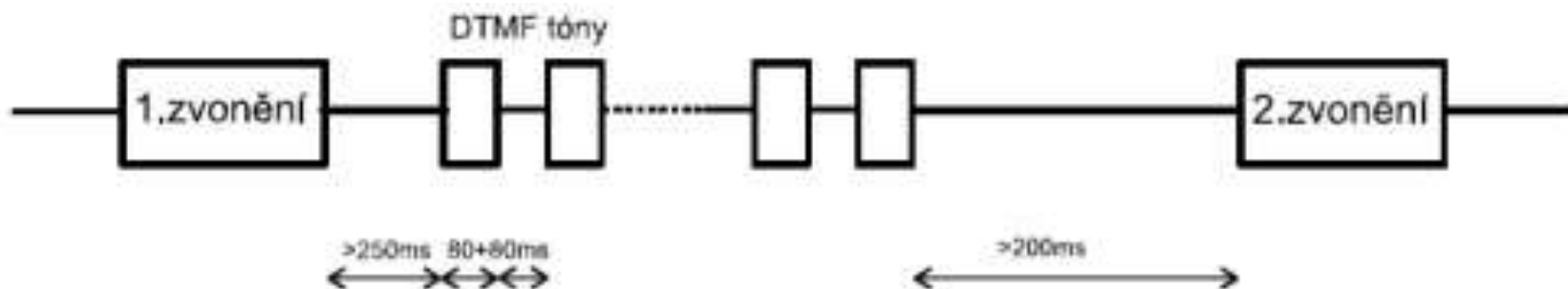
mezera volby (tj. pauza mezi vysíláním frekvencí) je min. 75 ms



# Tlačítka tónové signalizace

697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz

# DTMF identifikace volajícího (tzv. CLIP)



(*Calling Line Identification Presentation*) – zobrazení telefonního čísla volajícího na displeji telefonu volaného uživatele. Pouze u nových analogových ústředn.

Nové ústředny umí také na základě telefonního čísla nebo jeho části směrovat příchozí hovor na libovolný telefon, i když bylo voláno číslo jiného telefonu.

Použití: Hovory z Vietnamu na vietnamsky mluvícího pracovníka.

# Přerušení smyčky (poklep na vidlici) FLASH

Signál vysílaný koncovým zařízením, který je předáván pomocí přerušení smyčky delšího než je impulz dekadické volby a kratší než je zavěšení, tj. snížením proudu stejnosměrné smyčky min. o 2 mA pod proud uzavřené smyčky na dobu 75–25 ms.

## 3. Opytovacie spojenie

Ste v hovorovom spojení s prvým účastníkom (domácim, alebo vonkajším).

Potrebuje sa poradiť s druhým účastníkom (domácim, alebo vonkajším), vrátiť sa k prvému účastníkovi.



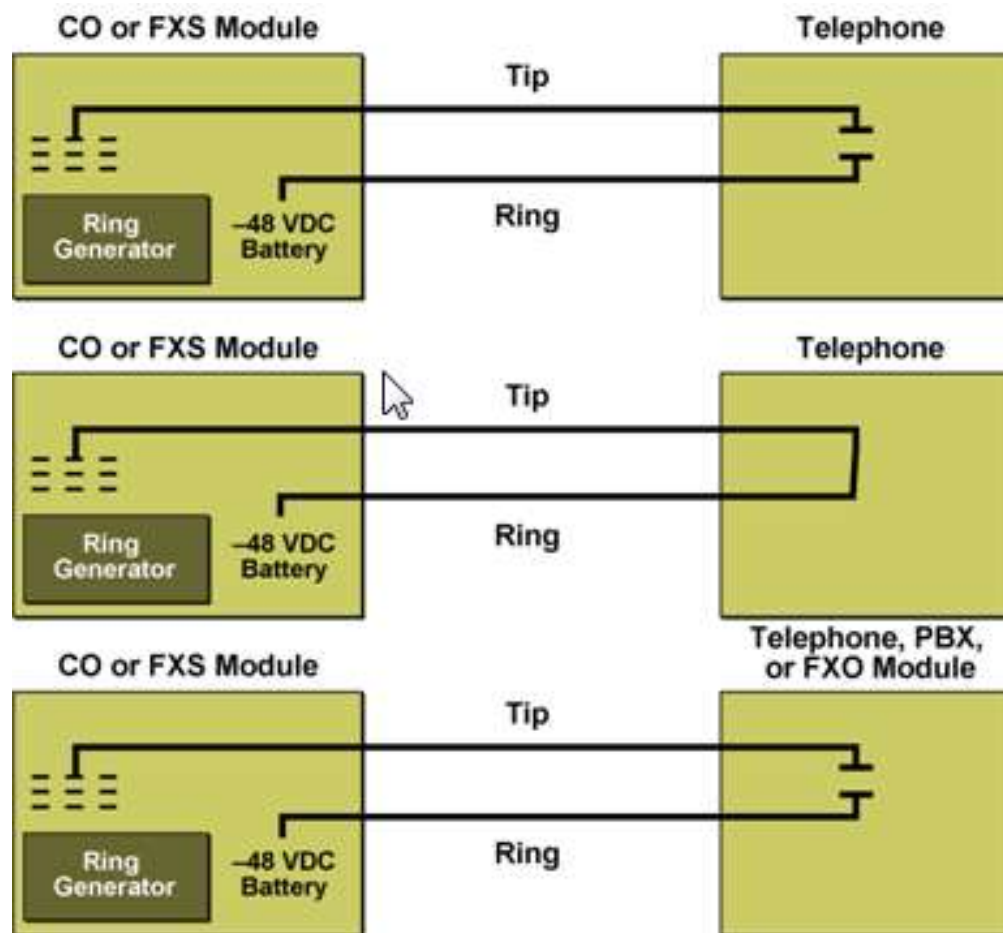
## 4. Automatické preloženie spojenia

Máte vytvorené opytovacie spojenie.

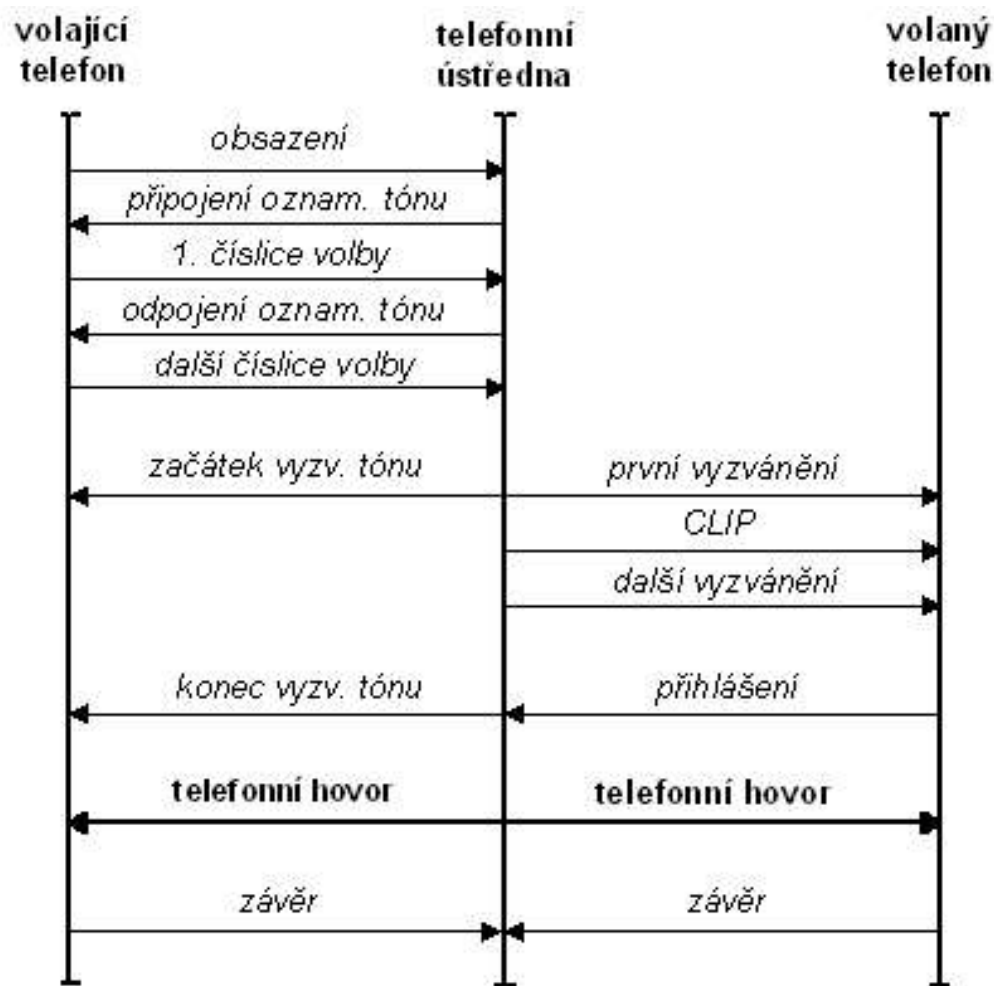
Manipuláciou môžete preložiť pridržiavaného účastníka volaného v opytovacom spojení. Volaným účastníkom opytovacieho spojenia môže byť aj spojovateľka.



# Zvednutí a položení sluchátka



# Příklad výměny signálů



# Druhy analogové signalizace

---

Přístupová:

U – smyčková signalizace

Síťová:

E&M – příčková signalizace

P – třídrátová provolba

DC-loop – příčková signalizace

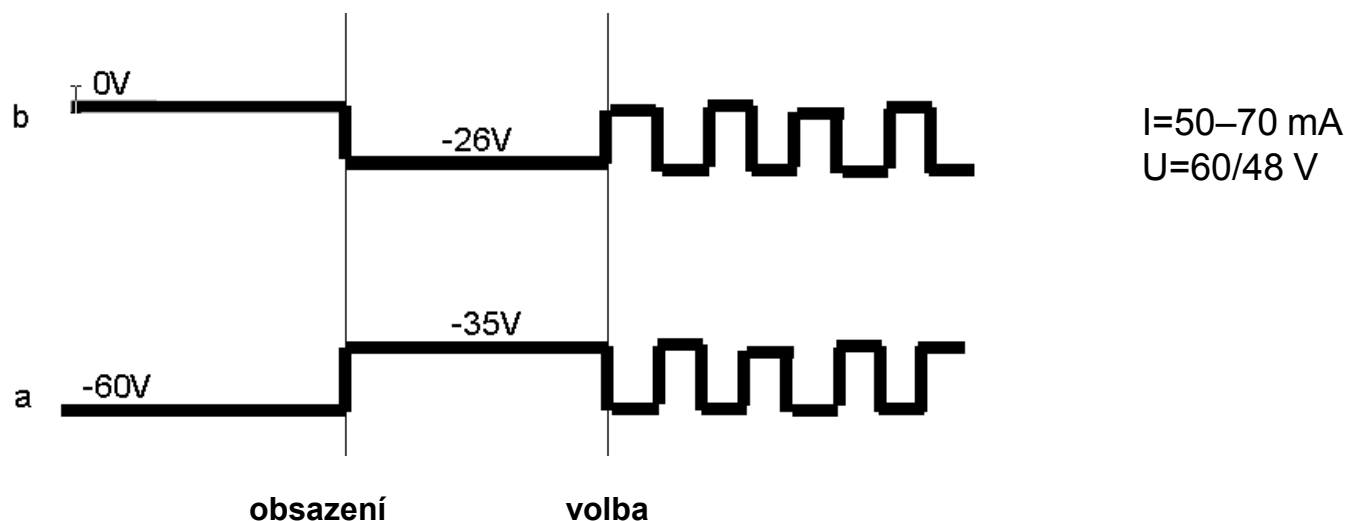
I, T - tónová signalizace

# Signalizace U

Dvoudrátová signalizace mezi analogovým účastníkem a ústřednou

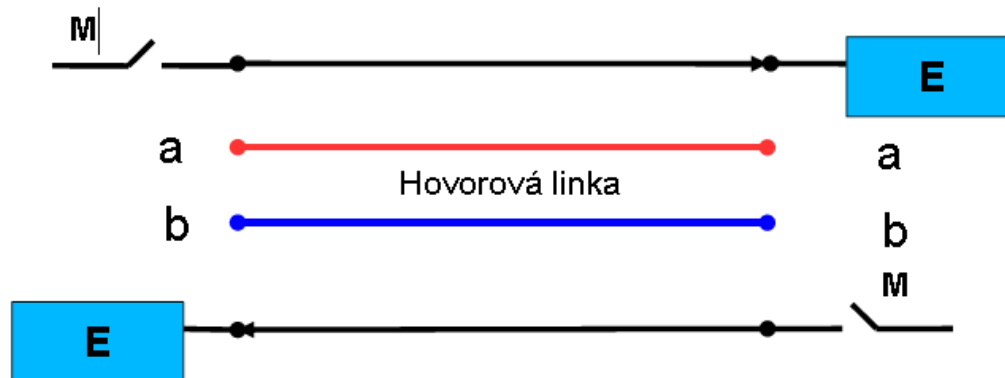
- U1 s impulsní nebo frekv. volbou
- U2 navíc s přijímačem 16 kHz tarifních impulsů

Vyzvánění střídavým proudem (1s/4s) (25Hz, 75V)  
Stavy účastníka jsou vyjádřeny stejnosměrným proudem



# Signalizace E&M (Ear & Mouth)

- Síťová signalizace pro příčky
- Čtyř nebo šestidrátová (E, M, a, b, a, b)
- Trvalá nebo impulzní
- Mnoho variant (míra upovídánosti)
- Potvrzování příkazů z opačné strany



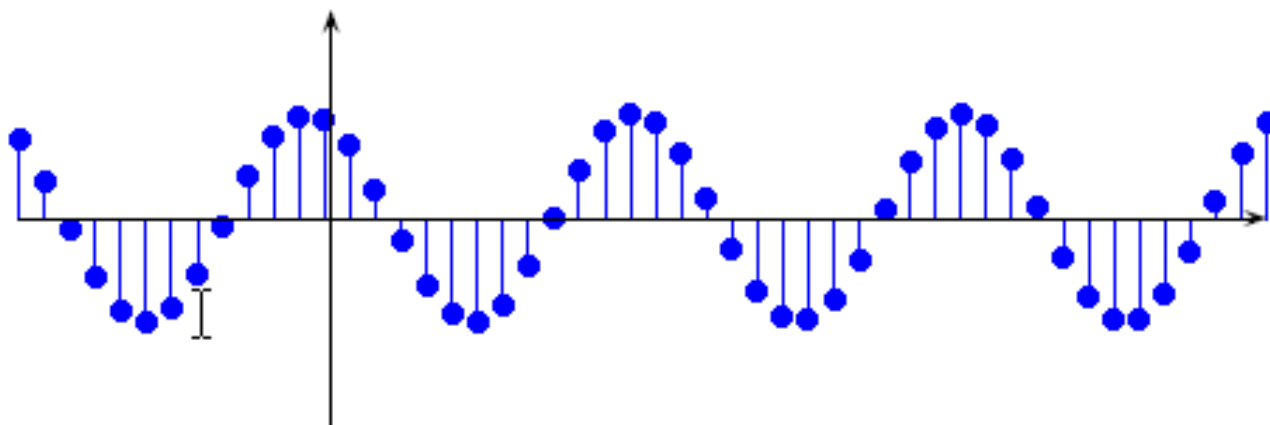


---

## 2. Digitalizace hlasu

# Vzorkování

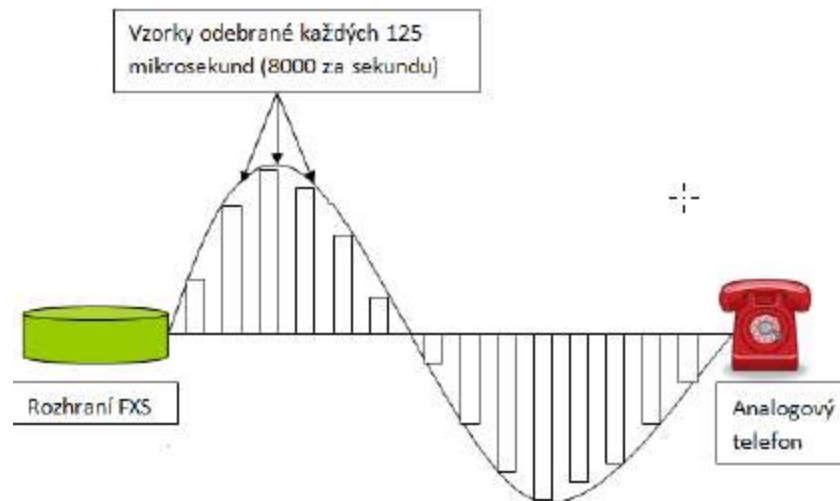
---



$$x[n] = f(nT_s)$$

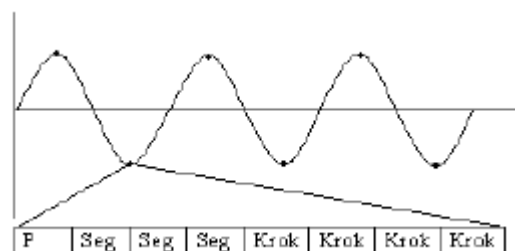
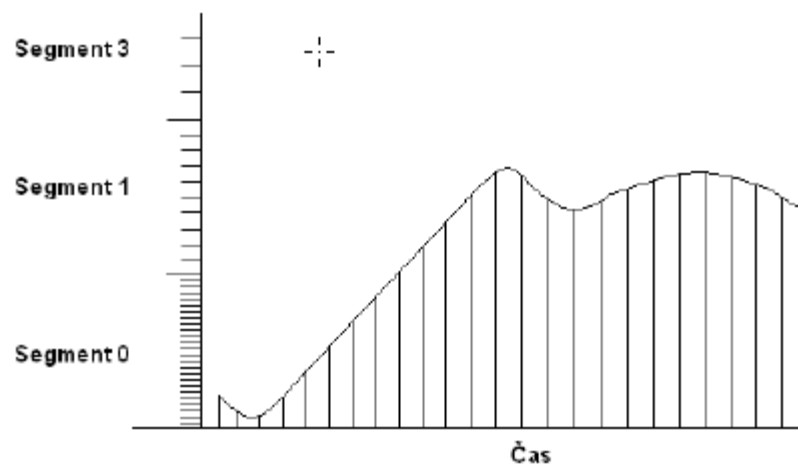
# Shannonův-Nyquistův-Kotělnikovův teorém

„Přesná rekonstrukce spojitého, frekvenčně omezeného, signálu z jeho vzorků je možná tehdy, pokud byl vzorkován frekvencí alespoň dvakrát vyšší, než je maximální frekvence rekonstruovaného signálu.“



$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \frac{\sin(\pi(t - nT_s)/T_s)}{\pi(t - nT_s)/T_s}$$

# Logaritmické kvantování a vzorkování



# Výpočet počtu požadovaných linek

Jeden Erlang představuje jednu hodinu nepřetržitého používání telefonu.

1. Provozní zatížení se vypočte pro nejvytíženější hodinu dne.

$[\text{minuty\_volání\_v\_hodině\_nejsilnějšího\_provozu}] = [\text{minuty\_volání\_měsíčně} / 22] * 0,15$

22 – průměrný počet pracovních dnů v měsíci;

0,15 – 15 % denního objemu hovorů se uskutečňuje v nevytíženější hodině dne.

Pro výsledný počet Erlangů se vydělí výsledek číslem 60.

2. Stanoví se kvalita obsluhy GoS (Grade of Service). Je to přijatelné procento zamítnutých hovorů během nejvytíženější hodiny dne. V praxi je většinou použita 1% pravděpodobnost zamítnutí hovoru GoS P(0,01).

3. Na základě hodnot Erlang a GoS se vypočte počet požadovaných linek. Tuto hodnotu si lze spočítat pomocí webové kalkulačky Erlang B, jež se nachází na stránce:

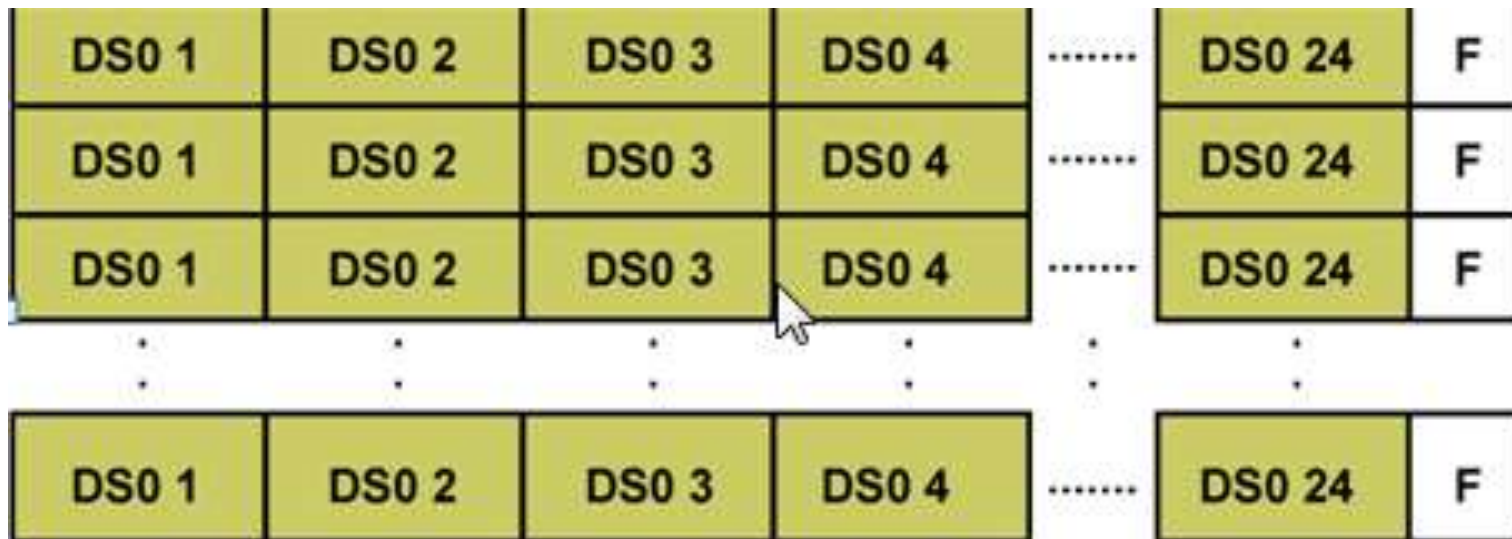
<http://erlang.com/calculator/erlb>.

Bliže

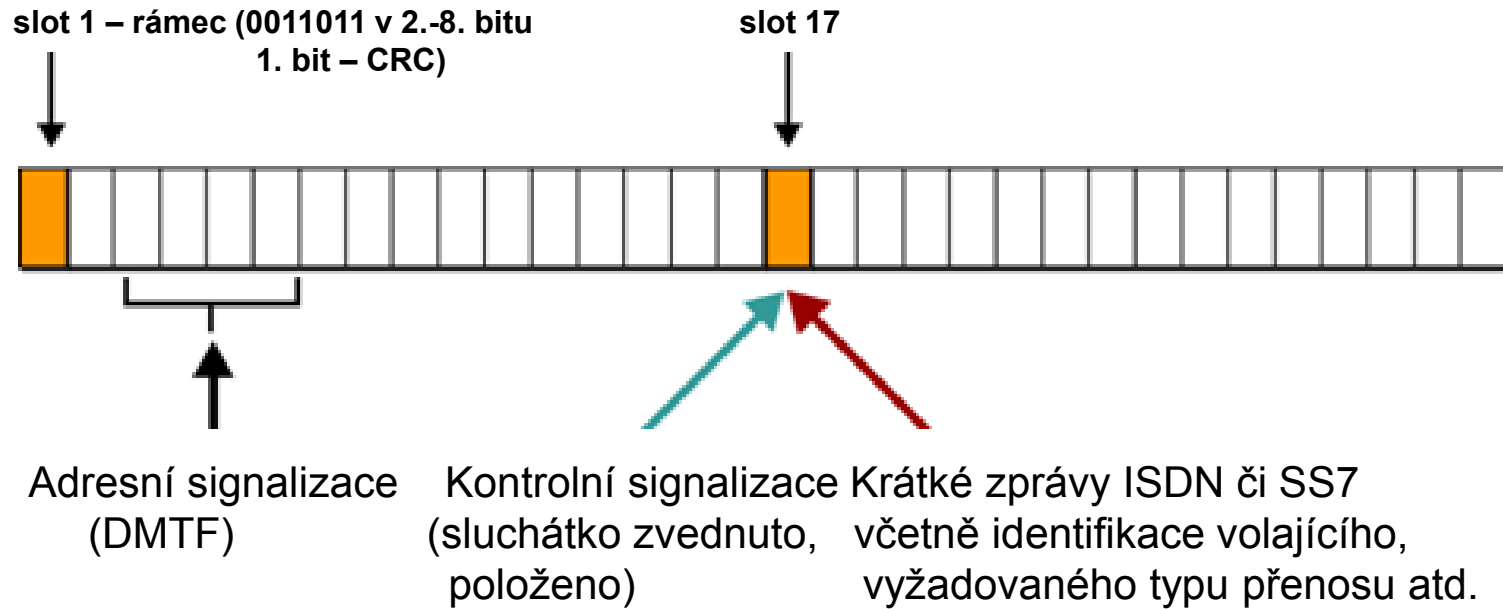
ANALÝZA MOŽNOSTÍ IMPLEMENTACE VOIP V ROZLEHLÉ SÍTI TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN A.S., Bc. IRENEUSZ PIENIAZEK, Diplomní práce VUT, 2010.

# Formát signalizace T1

DS0 – 64 kb/s, F – Framing bit, 12 rámců – SF, 24 rámců – ESF  $8 \times 24 + 1 = 193$  bitů



# Formát signalizace E1



---

# 3. Na cestě k IP telefonii

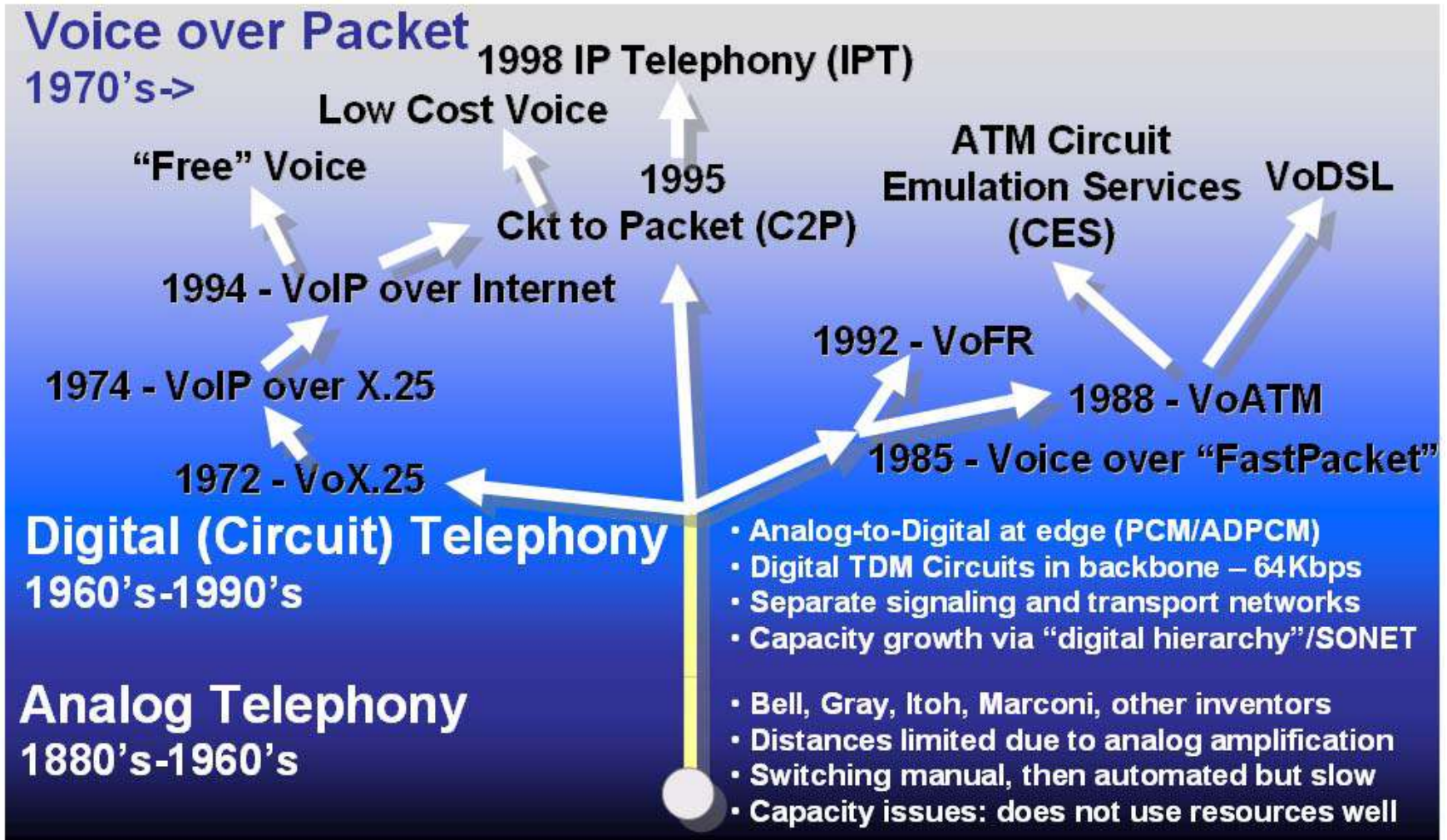


# Historie IP telefonie

---

- Fáze unimediální (1994 NY – Izrael)  
SS-7/CCS-7, VoX.25, ISDN D kanál
  
- Fáze multimediální  
Pokles ceny z 20-25 c/min. na 2 c/min.

# Nad čím vším je hlas?



# Vztah mezi IP telefonii a VoIP

---

- IP telefonie je celkový koncept
- VoIP je implementace tohoto konceptu
- V řadě případů lze tyto termíny zaměňovat

# Rozdíly mezi tradičním hlasovým a IP provozem

<p><b>Spojově orientované přenosy</b></p> <p><b>Hovory trvají celé minuty (průměrně 3 minuty)</b></p> <p><b>Po navázání spojení je hovor garantován</b></p> <p><b>Hovoru je přiděleno pevné pásmo</b></p> <p><b>Přenos v reálném čase je velmi citlivý</b></p>	<p><b>Nespojově orientované přenosy</b></p> <p><b>Přenos paketu trvá několik ms</b></p> <p><b>Není stoprocentní garance zajištění celého hovoru</b></p> <p><b>Není žádná garance spolehlivého spojení</b></p> <p><b>IP datový přenos často není na zpoždění citlivý citlivý</b></p>
--	---

# Výhody VoIP

---

- účinnější využití pásma a zařízení
- sdílení pásma mezi řadou spojení
- rentabilita zařízení i provozu
- jednotná infrastruktura
- kompletnější manažerské služby
- (na bázi XML)
- mobilita uživatelů
- široká škála nových služeb

# Blíže k jednotlivým bodům

---

- **účinnější využití pásma a zařízení** – tradiční telefonie používá pro každé volání pásmo 64 kb/s, a to dokonce i když hlas není přenášen. VoIP naopak šetří pásmo, pokud hlas není přenášen, je na lince klid;
- **rentabilita** – tradiční telefonie musí použít řadu technických zařízení pro vytváření spojení na vyšších přenosových rychlostech. VoIP statisticky multiplexuje spojení na jednotné komunikační infrastrukturu a tím přispívá k rentabilitě zařízení i provozu;
- **jednotná infrastruktura** – místo dvou infrastruktur zde máme jednotnou infrastrukturu pro hlasové i datové služby, což opět šetří náklady;
- **manažérské služby** – IP telefony nejsou jen nástrojem na pouhé volání, nýbrž poskytují kompletnější manažérské služby na bázi aplikací jazyka Extensible Markup Language (XML);
- **mobilita** – softwarové a Wi-Fi telefony přispívají k mobilitě uživatelů;
- **široká škála nových služeb** – integrací s výpočetní technikou nabízí koncovému uživateli širokou škálu nových služeb ať již jde o videotelefony, multimediální telefony atd.

# Hlavní komponenty sítí VoIP

---

- koncová zařízení
- analogové a IP telefony
- IP datová síť
- brány k ostatním hlasovým službám
- zařízení pro řízení přenosu
- aplikační servery
- agenti volání

# Blíže ke komponentám VoIP

---

- **brány k ostatním hlasovým službám**, především mezi VoIP sítí a analogovými telefony. V této roli se obvykle používají směrovače, které jsou schopny telefonní signál digitalizovat, komprimovat, paketizovat, směrovat a v plném duplexu pakety v opačném směru zase převádět na analogový signál. Nejjednodušší bránou je zařízení ATA (Analog Telephone Adapter) sloužící k připojení analogového telefonu či faxu k síti VoIP;
- **aplikační servery** poskytující služby používající pro přístup do adresářů a databází služeb jazyka XML;
- **agenti volání** (call agent) slouží pro řízení volání, řízení přidělování pásma, převody adres na telefonní čísla a prevenci před zahlcením.

V terminologii protokolu MGCP (Media Gateway Control Protocol), viz RFC3435, se místo termínu call agent používá termín Media Gateway Controller.

Jako příklad lze uvést Cisco Unified Communications Manager (*CallManager*), který plní v IP síti obdobnou roli, jako pobočkové ústředny PBX v klasické telefonní síti.



# Digitální telefony

---

- Proprietární – ISDN 2B+D (proprietarita kvůli D kanálu)
- Integrované USB rozhraní (12 Mb/s)
- ISDN BRI (D kanál je standardizovaný)
- IP telefon – s webovým prohlížečem

# Příklady IP telefonů

---



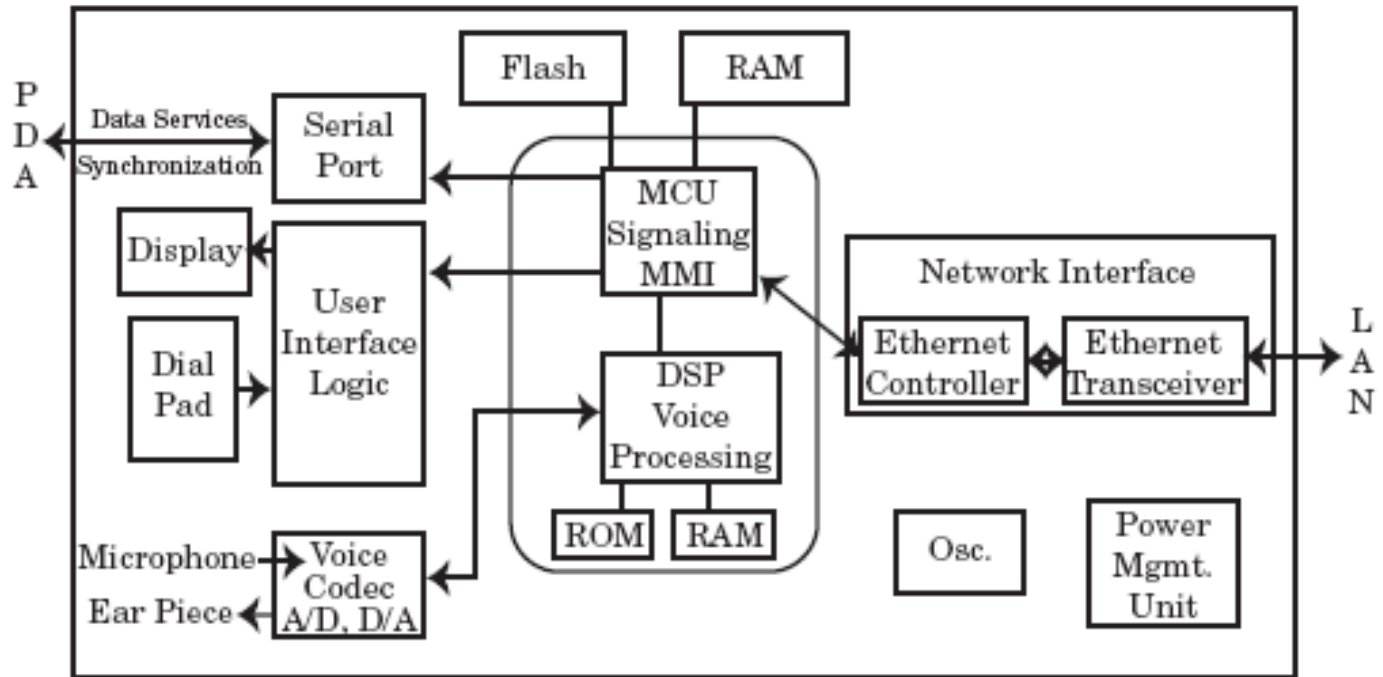
barevný displej  
dotykové ovládání obrazovky

# Cisco 7960 IP telefon



VAD (Voice Activity Detection) – potlačuje přenos klidového signálu (až 35% úspora)

# Komponenty IP telefonu



Source: Teleogy Networks

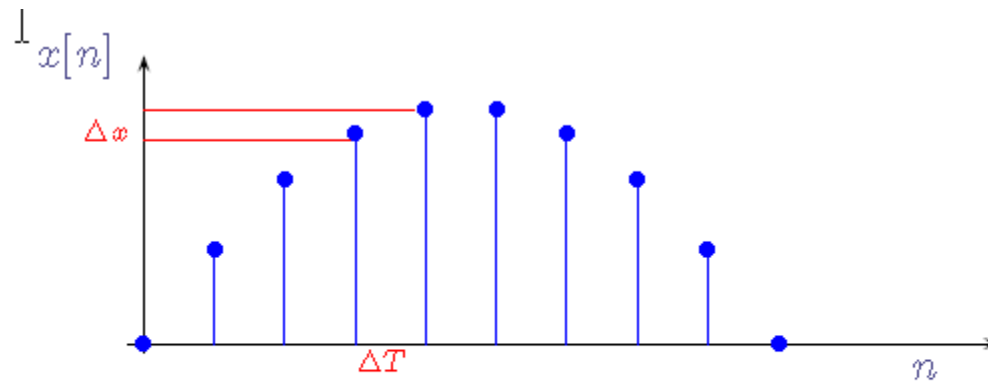
MCU – Multipoint Control Unit) – řídí konferenci 3 či více terminálů. Tvoří ho Multipoint Controller (MC), který určuje, který kodek použít a více či žádný Multipoint Processors (MPs), který mixuje a přepíná.

# Digital signal processor (DSP)

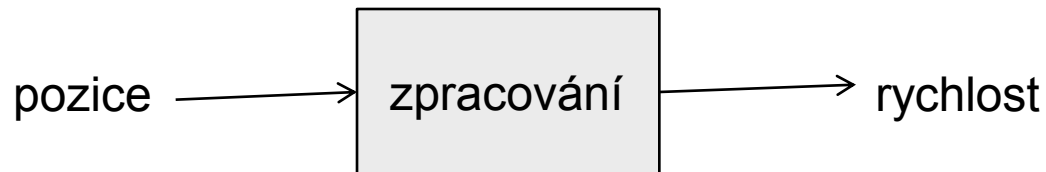
---

1. generace: Harwardská místo von Neumannovy architektury  
speciální instrukce (load-and-accumulate, multiple-and-accumulate)  
1983
2. generace Tři paměti pro práci se dvěma operandy
3. generace Aplikačně specifické obvody nebo koprocory
4. generace Přidání SIMD (Single instruction, multiple data) pro paralerismus  
a instrukční sada MMX (MultiMedia eXtension),  
VLIW (Very long instruction word) instrukce se vykonávají i mimo  
pořadí, paralelní vykonávání instrukcí je určeno při kompilaci,  
superskalární architektura (více instrukcí během cyklu hodin)  
používaná např. pro Cray  
MAC za 3 ns

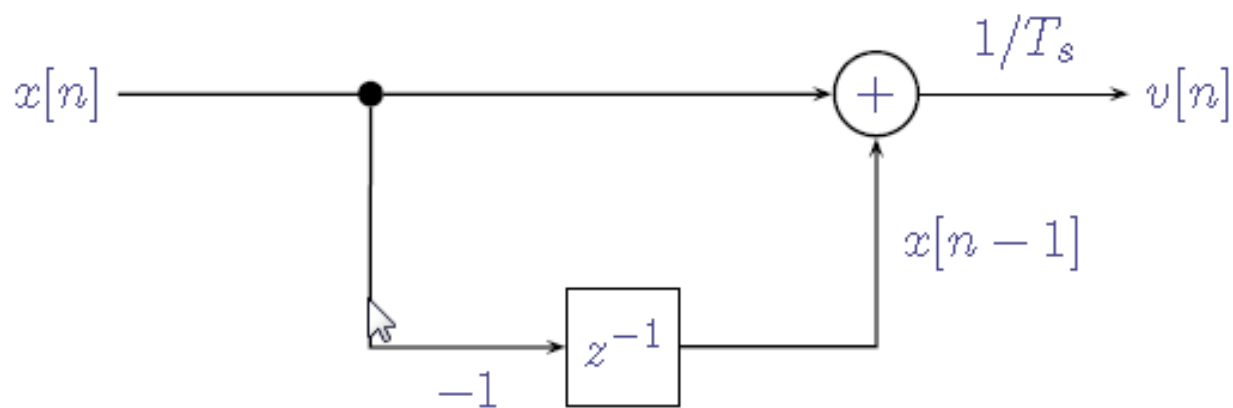
# Rychlostní filtr



$$v[n] = (x[n] - x[n - 1]) / T_s$$



# Co je uvnitř rychlostního filtru



Zpoždovací členy, násobičky, sčítací obvody

# Rozhraní

---

## a) analogová

- FXS (Foreign Exchange Station)
- FXO (Foreign Exchange Office)
- E&M (Ear and Mount or Earth and Magneto)

## b) digitální

- ISDN BRI
- T1/E1 CCS (Common Channel Signaling)
- T1/E1 CAS (Channel Associated Signaling)



# Blíže k rozhraním

---

**FXS rozhraní** zajišťuje napájení a používá se k připojení analogového telefonu nebo faxu.

**FXO rozhraní** emuluje analogové koncové zařízení – ať již analogové zařízení nebo směrovač.

Zatímco porty FXS a FXO používají stejný kanál pro signalizaci i hlas (in-band signalizace),

**porty E&M** pro signalizaci používají samostatné porty (out-of-band signalizace).

Je tomu tak proto, že se porty E&M používají pro trunky (agregované spoje) a u trunků je signalizace mimořádně důležitá.

**Rozhraní ISDN BRI** (Basic Rate Interface) tvoří dva B (Bearer) kanály pro hlas, video či data po 64 kb/s a 16 kb/s D (Delta) kanál (Norma ITU I.430 sice uvádí i 64 kb/s D kanál, v praxi se však tato jeho varianta nepoužívá) určený pro signalizaci podle protokolu Q.931.

**Rozhraní T1 a E1** s out-of-band **signalizací CCS** jsou podobná rozhraní BRI.

Pokud je rozhraní určeno pro trunk, varianta T1 (americká) je tvořena 23 digitálními kanály, zatímco varianta E1 (evropská) 29 digitálními kanály; pro signalizaci slouží obvykle protokol Q.931 anebo QSIG.

**Signalizace CAS** je typu in-band a poskytuje 24 hlasových kanálů pro rozhraní T1 a 30 hlasových kanálů pro rozhraní E1.

# Funkce VoIP

---

**Signalizace** – výměna informace pro řízení spojení: navázání, monitorování a uvolnění spojení. Protokoly jsou

- peer-to-peer (SIP, H323) – koncová zařízení (nebo brány) mají potřebnou inteligenci k inicializaci a ukončování spojení a interpretaci zpráv řízení volání.
- klient-server (MGCP, H.248, SCCP). Koncové zařízení či brána neobsahují inteligenci pro řízení, události oznamují agentovi volání a ten odpoví, co dělat.

**Řízení nosných služeb** (bearer) – vyhrazení kanálu, zrušení vyhrazení kanálu.

**Databázové služby** – přístup k fakturačním informacím, doručování jména volajícího CNAM (calling NAME) – pro zobrazení jména volajícího, bezplatná čísla, předem nahrané zprávy v určený čas, služba převodu faxu na e-mail.

**Kodeky** (nejrozšířenější G.729, který komprimuje na 8 kb/s).

# Signalizační protokoly

---

**MGCP** (Media Gateway Control Protocol). RFC 2705, 3435, 3660, 3661.

Zajišťuje centrální správu bran (např. JTS a VoIP).

Příkazy jsou v podobě prostého textu odesílaného prostřednictvím portu 2427 UDP.

**H.323** – norma specifikující komponenty , protokoly, postupy zajišťující multimediální komunikační služby . Je to součást skupiny doporučení ITU-T H.32x (s H.320 pro ISDN, H.324 pro PSTN/Wireless, H.321 pro ATM atd.). První verze z r. 1996 byla pro Ethernet. Od v2 rámeček pro vývoj aplikačních služeb.

**SIP** (Session Initiation Protocol) – vyvinutý pracovní skupinou MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) v rámci IETF (Internet Engineering Task Force) 1999 RFC 2543, 2002 RFC 3261, 2003 RFC 3665

Textové zprávy s kódováním znaků ASCII umožňují snadnou implementaci.

**SCCP** (Skinny Client Control Protocol) – proprietární protokol Cisco.

Jakákoliv událost (např. zvednutí sluchátka) způsobí poslání zprávy do CUCM.

Proprietárnost umožňuje svižné přidávání funkcí.