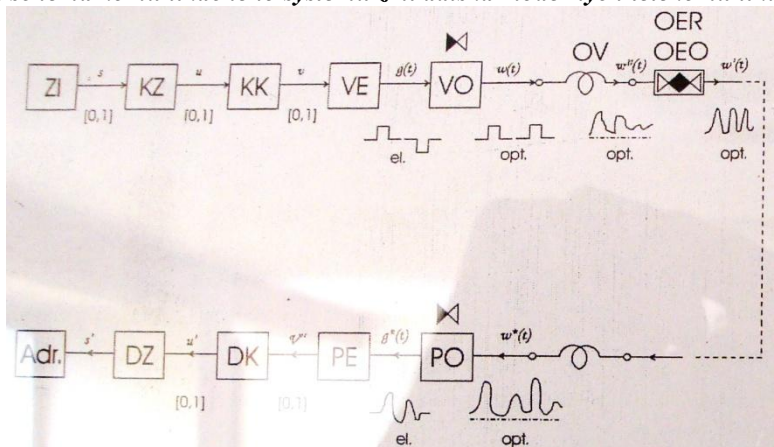


## Bloková schéma komunikačného systému: RT 02/03, RT 04/05, RT 05/06, OT 09, 07/08

### 1. Kompletná bloková schéma komunikačného systému z hľadiska moderných telekomunikačných technológií



### 2. Funkcia, význam, základné parametre a vlastnosti jednotlivých blokov :

ZI – zdroj informácií

- spracúva pôvodnú informáciu vyjadrenú vo forme správ  $s_1, s_2, \dots, s_{N_{kv}}$   
 $s$ - sú vlastne vzorky QPAM vyjadrené pomocou symbolov 0,1 vo forme kód. slov
- je popísaný rozložením pravdepodobnostného poľa

$$s_1 \rightarrow p_1, s_2 \rightarrow p_2, s_{N_{kv}} \rightarrow p_{N_{kv}}$$

- výdatnosť zdroja  $N_{KV} = 2^{N_{KD}}$

- redundancia zdroja je nesystematického (stochastického) charakteru

$$R_z = H(0) - H(\alpha) \quad [\text{bit/správa}]$$

pričom  $H(\alpha)$  je entropia

$$H(\alpha) = - \sum_{i=1}^{N_{KV}} p_i \cdot \log(p_i)$$

a  $H(0)$  je maximálna entropia, teda keď  $p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{kv}}$

KZ – kóder zdroja

- znižuje nesystematickú (stochastickú) redundanciu podľa možnosti na minimum

KK – kóder kanála

- pridáva ku kódovým slovám na výstupe KZ systematickú redundanciu za účelom identifikácie a odstránenia chýb, ktoré vzniknú pri prenose
- k informačným znakom "i" ( $N_{KD}$ ) pridáva v kódovom slove kontrolné znaky "k", takže dĺžka kódového slova na výstupe KK bude  $i+k=N_{KD}$

Z nich vyberieme len tie, ktoré spĺňajú podmienku:  $d(x,y) \geq e+1$ , keď chcem identifikovať  $e$  chýb, keď chcem  $e$  chýb odstrániť  $d(x,y) \geq 2e+1$

VE - priradí k symbolom 0,1 fyzikálnu interpretáciu, tzv. linkové signály

VO - konvertuje signál elektrický  $g(t)$  na optický výkon  $w(t)$

OV - optické vlákno (vlnovod), prenosové médium

OER - konvertuje optický signál na elektrický; v elektrickej forme ho zregeneruje časovo (jitter) a tvarovo a kompenzuje straty prenosového média, potom ho konvertuje znova na optický výkon

PO - konvertuje prijatý signál na elektrický

PE - obsahuje koncový regenerátor, jeho funkcia je podobná ako priebežného regenerátora, na výstupe dostaneme kódové slová  $v''$

DK - opravuje chyby, ktoré vznikli pri prenose, pomocou systematickej redundancie

DZ - odstraňuje systematickú redundanciu

Adr - vyhodnotí prijaté správy  $s'$  na pôvodnú informáciu



**3. Na vyjadrenie tohto procesu sa v 2. DPS využívajú dva typy charakteristík:**

a) typ A → Europa:  $y = \frac{1+\ln Ax}{1+\ln A}$  pre  $\frac{1}{A} \leq x \leq 1$   
 $y = \frac{1+Ax}{1+\ln A}$  pre  $0 \leq x \leq \frac{1}{A}$

b) typ  $\mu$  → USA, Japonsko  $y = \frac{\ln(1+\mu x)}{\ln(1+\mu)}$  pre  $0 \leq x \leq 1$

**4. Zakladne pojmy  $\alpha_{KV}$ ,  $s$ ,  $v_K$  a vysvetlite ich význam:**

a)  $\alpha_{KV}$ -tlmenie kvantizačného skreslenia

$$\alpha_{KV} = 10 \log \frac{P_S}{P_{KV}} \text{ [dB]}$$

kde  $P_S$  je zdanlivý výkon užitočného signálu a  $P_{KV}$  je zdanlivý výkon kvantizačnej chyby.  
Za určitých zjednodušených podmienok môžeme  $\alpha_{KV}$  vypočítať ako:

$$\alpha_{KV} = 6 \cdot N_{KD} + 1,8 \text{ [dB]}$$

b)  $s$ -strmosť v určitom bode kvantizačnej charakteristiky,  $s_0$ -strmosť v bode  $x=0$

c)  $v_K$ -vyhoda kompresie  $v_K = 20 \log s_0$  [dB]

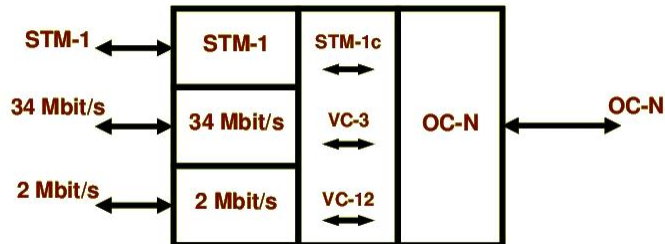
Udáva, o koľkokrát vyjadrenie v dB sú zvýhodnené najslabšie signály oproti stavu, keď by sme použili lineárne kvantovanie.

d)  $v_K = 20 \log s_0$  [dB]  $A = 87,6$   
 $s_0 = \frac{dy}{dx_{x \rightarrow 0}} = \frac{d\left(\frac{1+Ax}{1+\ln A}\right)}{dx_{x \rightarrow 0}} = \frac{A}{1+\ln A} \approx 16$   
 $v_K = 20 \log 16 \approx 24,086 \text{ dB}$

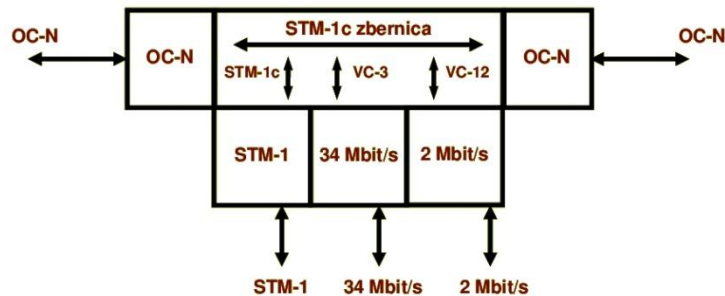
## Siete SDH RT 07, RT 09

### Základné sieťové prvky SDH:

Terminal Multiplexer TM – Line Terminating Element LTE, Path Terminating Element PTE  
Používa sa v koncových bodoch siete SDH, teda na jednej strane predstavuje vstup do siete SDH a z druhej strany zakončuje cestu, linku a sekciu siete SDH. Jeho hlavnou úlohou je zbierať a mapovať prítokové signály hierarchie PDH alebo iných dátových sietí do signálu hierarchie SDH, buď v elektrickej (STM-N) alebo v optickej (OC-N) forme.

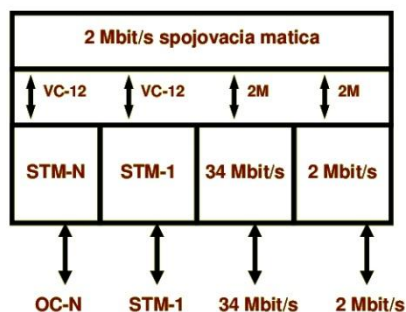


Add/Drop Multiplexer ADM – má podobnú úlohu ako koncový multiplexor TM, tj. je to jednostavový multiplexor/demultiplexor, ktorý vie združovať rozličné vstupné signály do signálu hierarchie SDH. Navyše umožňuje multiplexor ADM vložiť (add) alebo vybrať (drop) príslušné prítokové signály z výsledného signálu hierarchie SDH, pričom zvyšný prevádzkový dátový tok prechádzaj týmto uzlom bez zmeny a bez potreby ďalšieho spracovania.

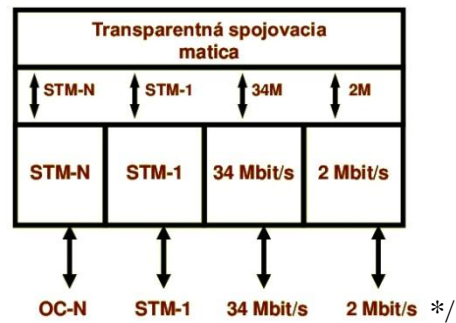


Digital Cross-Connect DCS – používa sa na manažment všetkých prenosových prostriedkov v centrálnom sieťovom uzle. Využíva sa na prepojovanie kruhov SDH a taktiež môže v sebe zahŕňať funkcie zaradenia ADM, pre poskytovanie konektivity medzi kruhmi navzájom alebo medzi časťami samotných kruhov môže byť v praxi uzol DCS pripojený k uzlu ADM. Hlavný rozdiel medzi sieťovými prvkami DCS a ADM je v tom, že prvok DCS vie zaobchádzať s veľkým počtom portov a teda umožňuje prepínať oveľa väčší počet signálov (rádovo tisícky prítokov) ako prvok ADM. Ak sa funkcia prepojovania dátových signálov vykonáva na úrovni signálu 2,048 Mbit/s, prepínač DCS sa nazýva wideband, ak na úrovni vyššej, prepína DCS sa nazýva broadband.

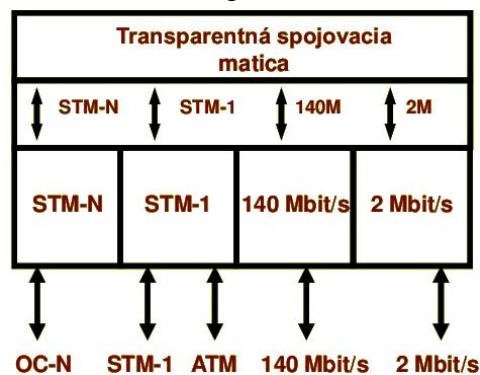
/\*navyše Wideband DCS



## Broadband DCS



Synchronný digitálny prepojovací systém SDCS - najvyšším stupňom vývoja DCS, veľmi flexibilný a užitočný z hľadiska sieťového manažmentu. Dokáže medzi svojimi portami prepojiť signály s prenosovými rýchlosťami 64 kbit/s až po STM -4.



Regenerátor REG - obnovuje časovanie prijatého signálu a aktualizuje hlavičku sekcie regenerátora (RSOH) predtým než znovu vyšle signál



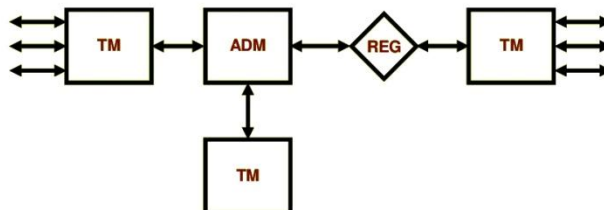
## 2. sieťové topológie SDH

### Pevné

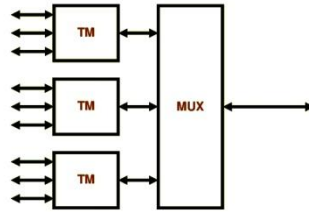
- bod - bod (point to point) - /\*navyše nie je zabezpečené úplné obnovenie prevádzky, ak sú dva systémy spojené dvomi optickými vláknami - *duálne vlákno*. \*/



- bod - multibod (point to multipoint) - /\*navyše systém je možné rozšíriť využitím funkcií vkladania/vyberania signálov o ďalšie terminálové multiplexory TM. \*/

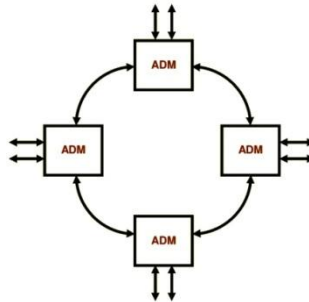


- linkový systém (line system) - /\*navyššie tak ako topológia bod-bod len sa tam včlení MUX, na prenos je možné využiť len jedno optické vlákno \*/

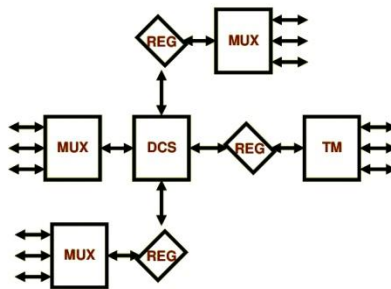


### Flexibilné

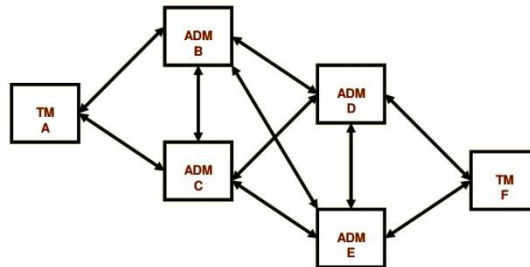
- kruh - /\*navyššie sieťové elementy sú prepojené duálnym optickým vláknom, 1 alebo viac sieťových elementov môže mať pridelenú funkciu na prepojenie komunikácie medzi viacerými sieťami, ponúka rýchlu ochranu cesty. Podľa smeru prenosu delíme na jednosmerné a obojsmerné. Podľa počtu optických vlákien delíme na jednovláknové, dvojláknové a štvorvláknové. \*/



- strom - /\*navyššie hierarchické rozloženie sieťových elementov, na smerovanie paketu slúži uzol s distribučnou funkciou (HUB), efektívna pre asynchrónny prenos. Del'ba podľa implementácie:
  - jeden alebo viac prvkov ADM + prepínač Wideband DCS
  - prepínač Broadband DCS \*/



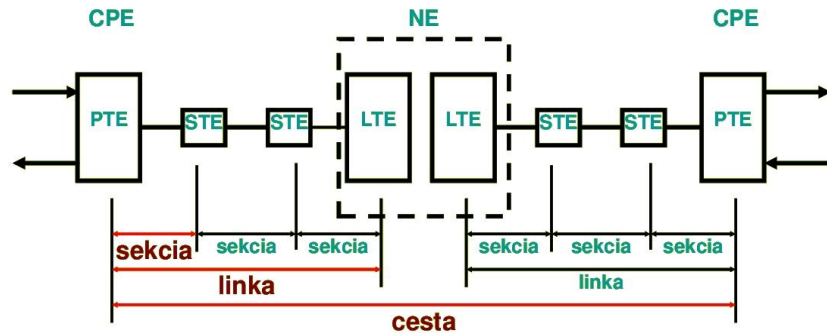
mriežka - /\*navyššie plne prepojené sieťové elementy, ochrana prenosu a schopnosť obnovenia, lepšie aplikovateľná v husto osídlených oblastiach, sieťové uzly sa nazývajú signalizačné prenosové body STP - uzly zodpovedné za funkčnosť prenosovej siete \*/





### 3. Pojmy cesta linka sekcia a interakcia medzi týmito vrstvami siete

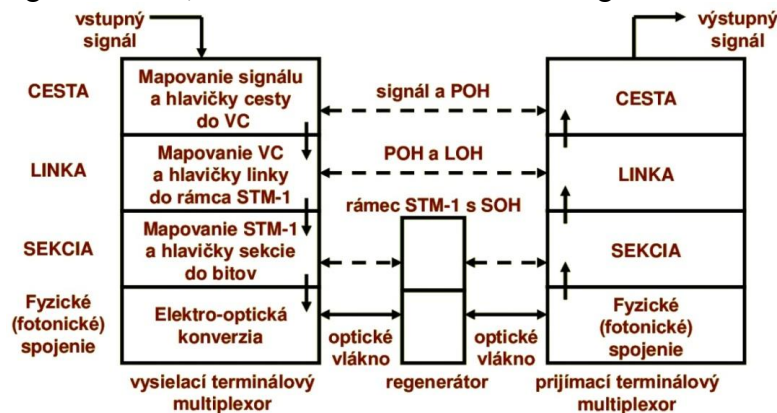
Pri pohybe informácie medzi uzlami sa musia vykonať určité operácie na zaistenie schopností prenášať neporušený signál. To znamená, že do bytov hlavičky musia byť k vyslanej užitočnej informácii pridané dodatočné riadiace informácie na naplnenie cieľov sieťovej administrácie. Tieto riadiace informácie sú pre koncového používateľa transparentné, tj. Nie sú doručované ako užitočné informácie. Okrem toho sú riadiace informácie v hlavičke organizované hierarchicky v nasledujúcom usporiadaní:



Pojem cesta je spojený s riadiacou informáciou pridanou do hlavičky vo vysielačom zariadení PTE (Path Terminating Equipment) a čítanou v prijímačom zariadení PTE. Informácia cesty nieje kontrolovaná alebo menená medzi ľahlými zariadeniami.

Pojem linka je spojený s riadiacou informáciou pridanou do hlavičky vo vysielačom zariadení LTE (Line Terminating Equipment) a čítanou v prijímačom zariadení LTE. Na koncoch siete, kde nie sú LTE umiestnené, plnia úlohu zariadenia PTE.

Pojem sekcia je spojený s riadiacou informáciou pridanou do hlavičky v zariadení STE (section terminating equipment) zakončujúcom fyzický segment prenosového vybavenia, teda napr. segment medzi dvoma regenerátormi, alebo zariadením LTE a regenerátorom, alebo zariadením PTE a regenerátorom, alebo zariadeniami LTE bez regenerátorov.



Každý sieťový prvok má na starosti interpretáciu a generovanie hlavičky svojej vrstvy, kontrolu komunikácie a stavu iných elementov v tej istej vrstve a zakorenenie svojej vrstvy. Ako užitočná informácia prechádza sieťou, každá vrstva sa zakončuje v niektorom zo všeobecných sieťových zariadení (PTE, LTE, STE).

Keďže každá vrstva je zakončená a regenerovaná v príslušnom sieťovom uzle, monitorovanie dát v ňom napomáha lokalizovať poruchy v rámci špecifických úsekov namiesto ich hľadania na celej prenosovej ceste. Vysielač a prijímač koncový terminál a regenerátor vzájomne reagujú na príslušných vrstvách. Užitočná informácia sa postupne pretvára až na optický signál pričom prechádza viacerými stupňami od vrstvy cesty až po fyzickú vrstvu.

#### **4. Základné typy ochrán sieťovej prevádzky SDH**

##### Ochrana 1+1 – vyhradená

V ochrane 1+1 sa optický signál prenáša zároveň na dvoch optických vláknach (pracovné a ochranné) medzi vysielačim a prijímacím koncom prenosovej trasy, pričom optický prijímač má možnosť výberu, z ktorého optického vlákna bude prijímať informačný signál. V prípade vzniku poruchy na prenosovej trase sa optický prijímač automaticky prepne na ochranné vlákno.

Výhodou ochrany 1+1 je schopnosť veľmi rýchleho obnovenia prevádzky služby bez zníženia jej kvality. Na druhej strane, ak sa na rozdelenie informačného signálu z jedného optického vysielača do dvoch optických vlákien používa optický výkonový rozdeľovač, dôjde k zníženiu výkonovej úrovne informačného signálu o 3dB.

##### Ochrana 1:1 a 1:N – zdieľaná

V ochrane 1:1 sú medzi vysielačim a prijímacím koncom prenosovej trasy použité tiež dve optické vlákna (pracovné a ochranné), optický signál sa však prenáša len po jednom z nich – pracovnom. Ochrana 1:N je založená na zdieľaní ochranného kanála medzi viacerými pracovnými kanálmi.

Výhodou ochrany 1:1 je možnosť využitia ochranného vlákna na prenos informačných signálov s nižšou prioritou, resp. pri ochrane 1:N možnosť zdieľania ochranného vlákna viacerými pracovnými vláknami. Na druhej strane, ochrana 1:1 je v porovnaní s ochranou 1+1 pomalšia. V prípade vzniku poruchy na prenosovej trase dokáže túto poruchu rozpoznať len optický prijímač a pre komunikáciu s optickým vysielačom musí využiť iné spôsoby, čo predlžuje čas obnovenia služby.

##### Jednosmerný kruh s prepínaním cesty UPSR (Unidirectional Path Switched Ring)

V ochrane UPSR sa používajú dve optické vlákna (pracovné a ochranné) a základné smerovanie prevádzky je jednosmerné, tj. Pracovné vlákno prenáša informačné signály v jednom smere a ochranné vlákno v opačnom smere. Každý uzol vysiela optický signál do oboch vlákien, takže vzniká duplikovaný informačný signál, ktorý prechádza ochranným vláknom. Každý uzol teda prijíma dva identické informačné signály s rozdielnym oneskorením. Počas normálnej prevádzky sa používa pracovné vlákno. V prípade vzniku poruchy sa vyberie ochranné vlákno. Ochrana UPSR predstavuje najrýchlejšie ochranné prepínanie v kruhovej architektúre, pretože prevádzka je počas celej činnosti prenášaná redundantne.

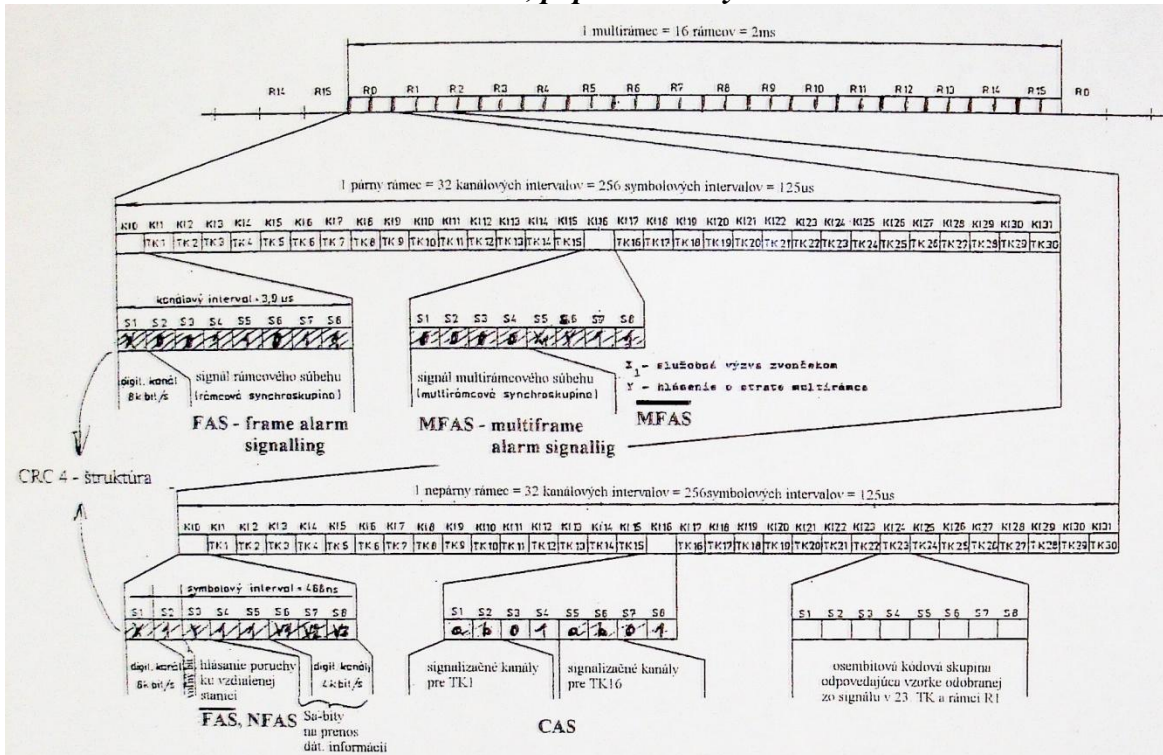
##### Obojsmerný kruh s prepínaním linky BSLR (bidirectional Line Switched Ring)

V ochrane BSLR sa používajú dve optické vlákna (pracovné a ochranné) a základné smerovanie prevádzky je obojsmerné, tj. Jedna prenosová cesta smeruje signály v jednom smere a druhá prenosová cesta smeruje signály v opačnom smere. V prípade vzniku poruchy sa použitím slučkovej väzby vyberie ochranné vlákno, pričom sa na neho presmeruje pôvodná prevádzka z pracovného vlákna. Ochrana BPSR môže poskytovať v prípade poruchy optického vlákna prepínanie linky a v prípade poruchy sieťového uzla prepínanie cesty.



# Základný rámec PCM 1. rádu RT 09, OT 04/05

## 1. Štruktúra a vlastnosti základného rámca, popis kanálových intervalov



/\*navyš

1 rámec = 32 kanálových intervalov (0-31)

KI 1-15, 17-31 - prenášajú užitočnú info.

- KI 0 - párný rámec -  $N=0,2,4,\dots,30$

- FAS - Frame Alarm Signalling X0011011

- nultý KI v párnom rámci slúži k rozpoznaniu začiatku rámca a vykonáva rámcovú synchronizáciu

- nepárny rámec -  $N=1,3,5,\dots,31$

hlásenie alarmov K1DNY<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>Y<sub>4</sub>

non Fas - zamedzuje predstieraniu synchon. slova rámca

D - kritická chyba

N - nekritická chyba

Y<sub>1</sub> - Y<sub>4</sub> - rezervované pre národné použitie

- KI 16 - viacero možností využitia podľa umiestnenia R v MR

- MR = 16 R

- prvý rámec v MR - N = 0

- Multi - Fas - multirámcová synchronizácia - 0000Y<sub>1</sub>Y<sub>2</sub>Y<sub>3</sub>Y<sub>4</sub>

- ostatné - signalizácia TK

- na siglalizáciu jedného TK stačia 4 SI

- 1 KI nesie info (k signalizácií) o 2 TK

- signalizácia - CAS - signalizácia pridružená k TK - PDH

- CCS - spoločná signalizácia - SDH \*/

## 2. Charakteristika pojmov *MR, R, KI, SI*

MR – 1 multirámec = 16 rámcov	$\Rightarrow T_{MR} = 2\text{ms}$	$\Rightarrow v_{pMR} = 2,048\text{ Mbps}$
R – 1 rámec = 32 KI = 256 symb. interval.	$\Rightarrow T_R = 125\ \mu\text{s}$	$\Rightarrow v_{pR} = 2,048\text{ Mbps}$
KI – 1 kanálový interval = 8 symb. i. (bitov)	$\Rightarrow T_{KI} = 3.9\ \mu\text{s}$	$\Rightarrow v_{pKI} = 64\text{ kbps}$
SI – 1 symbolový interval	$\Rightarrow T_{SI} = 488\text{ ns}$	$\Rightarrow v_{pSI} = 8\text{ kbps}$

## 3. Spôsoby zabezpečenia synchronizácie medzi vysielačou a prijímacou stranou pri prenose rámcov PCM 1. rádu

a) rámcová synchr. skupina FAS (0011011)	synchr. rámcov
b) multirámcová synchr. skupina M FAS (0000)	synchr. MR
c) metóda CRC – 4	zábrana falošnej synchronizácie
d) synchr. skupina metódy CRC – 4 (0010011)	synchr. metódy CRC - 4

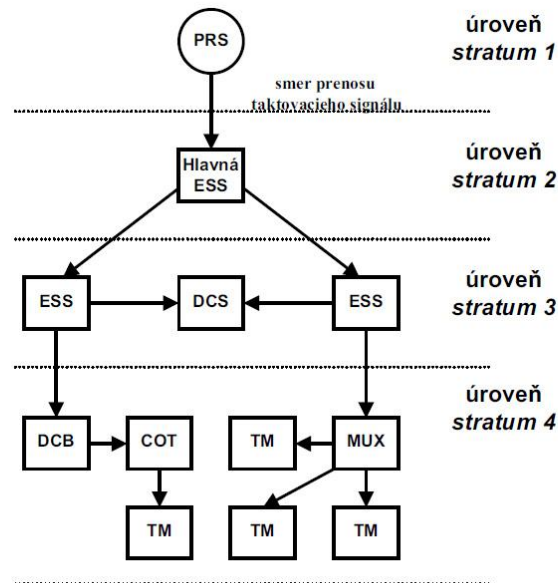
## Synchronná časovacia hierarchia SDH 07/08, OT 09

### 1. architektúra časovania a prenosu taktovacieho signálu, úrovne stratum

- architektúra časovania a prenosu v synchronných digitálnych sieťach je hierarchická. Každý sieťový uzol je nútený udržiavať taktovací signál s požadovanou frekvenčnou presnosťou, ktorá závisí od jeho hlavnej sieťovej funkcie, t.j. či sú od neho z dôvodu presnosti časovania ostatnú sieťové uzly závislé.

Úrovne presnosti synchronnej časovacej hierarchie

Úroveň STRATUM	Sieťové zariadenie
1	PRS
2	Hlavný ESS
3	ESS, DCS
4	MUX, PBX, DCB, COT



/\*navyše Chybovosť zariadení

Úroveň STRATUM	Minimálna presnosť	Sieťové zariadenie	Výskyt preskokov
1	$\pm 1,0 \times 10^{-11}$	PRS	2,523/rok
2	$\pm 1,6 \times 10^{-8}$	Hlavný ESS	11,06/deň
3	$\pm 4,6 \times 10^{-6}$	ESS, DCS	132,48/hod
4	$\pm 3,2 \times 10^{-5}$	MUX, PBX, DCB, COT	15,36/min

\*/

## 2. Zdroje taktovacieho signálu

Hlavný zdroj taktovacieho signálu PRC (ITU-T G.811) – Ak sa dodržia pravidlá platné pre synchronnú časováciu hierarchiu a nevzniknú slučky taktovacieho signálu, dá sa týmto spôsobom zabezpečiť vysokokvalitná synchronizácia individuálnych sieťových prvkov.

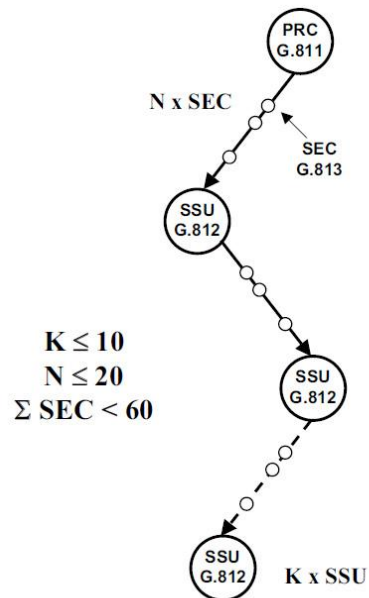
Synchronizačná napájacia jednotka SSU (ITU-T G.812), nezávislý prvok známy ako slave hodiny – Ak je hlavný zdroj neprístupný, jednotka SSU je schopná zabezpečiť synchronizáciu sieťových zariadení aspoň na dobu 24 hodín.

Najnižšou úrovňou zdrojov je synchronne taktovacie zariadenie SEC (ITU-T G.813), súčasť sieťových prvkov SDH. Jeho úlohou je minimalizácia fázových a frekvenčných zmien prijímaného taktovacieho signálu. Ak zlyhajú všetky ostatné zdroje (PRC aj SSU), sieťové elementy SDH sú prostredníctvom zariadenia SEC schopné udržať vzájomnú synchronizáciu sieťových zariadení na dobu asi len 15 sekúnd.

/\*inak trochu

- primárne referenčné hodiny PRC - hlavný zdroj taktovacieho signálu. Najvyššia možná presnosť taktovacieho signálu dosiahnutá s vysokopresnými atómovými hodinami, napr. GPS, „master“
- synchronizačná napájacia jednotka SSU - je to nezávislý prvok známy ako slave hodiny. V prípade nedostupnosti hlavného zdroja PRC je schopná zabezpečiť veľmi kvalitnú synchronizáciu sieťových zariadení aspoň na dobu 24 hodín.
- synchronne taktovacie zariadenie SEC - je to súčasť prvkov SDH a zároveň najnižšia úroveň zdrojov. Jeho úlohou je minimalizácia fázových a frekvenčných zmien prijímaného taktovacieho signálu. Ak zlyhajú všetky ostatné zdroje (PRC aj SSU), sieťové elementy SDH sú prostredníctvom zariadenia SEC schopné udržať vzájomnú synchronizáciu sieťových zariadení na dobu asi len 15 sekúnd.\*

Sieťové časovanie SSU a SEC, počty jednotlivých sieťových zariadení:



Regenerácia takt. signálu je v elementoch SSU a SEC dosiahnutá použitím obvodov fázového závesu PLL (Phase - Locked Loop). /\*Uskutočňuje sa korekcia taktovacieho signálu podľa teploty oscilátora a korekčných hodnôt.\*

### **3. Jitter, Wander**

Jitter je definovaný ako krátkodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou nad 10 Hz od centrálnej frekvencie. Jitter sa rozdeľuje podľa zdroja jeho vzniku na tri základné typy.

- typy jittera:

- a) nesystematický (závislý od pseudonáhodného signálu),
- b) systematický (nezávislý od prenášanej postupnosti bitov),
- c) stuffingový (daný vkladáním alebo vyberaním stuffingových bitov).

Wander je dlhodobá odchýlka fázy číslicového signálu a zahŕňa všetky fázové odchýlky s frekvenciou pod 10 Hz od centrálnej frekvencie.

- wander môže vznikáť:
  - a) pri hranici medzi dvomi sieťami, ktoré majú samostatné zdroje taktovacieho signálu PRC
  - b) medzi master (PRC) a slave (SSU) hodinami ako zdrojmi taktovacieho signálu v rámci jednej siete.

/\*inak trochu

Metódy distribúcie taktovacieho signálu:

- a) externý štandardný primárny referenčný zdroj,
- b) časovanie zo signálu STM-1,
- c) časovanie z prítokového signálu 2,048 Mbit/s, prenášaného v sieti SDH,
- d) obnovenie taktovacieho signálu pomocou vnútorných hodín sieťového prvku SEC.

### **3. Jitter, Wander**

Jitter - krátkodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou nad 10 Hz od centrálnej frekvencie.

- zdroje jittera :
  - a) biely šum, presluchy signálov, komponenty
  - b) medzisymbolová interferencia, regenerácia impulzov
  - c) vkladanie a vyberanie bitov (stuffing).

- tri základné typy jittera:

- a) nesystematický (závislý od pseudonáhodného signálu),
- b) systematický (nezávislý od prenášanej postupnosti bitov),
- c) stuffingový (daný vkladáním alebo vyberaním stuffingových bitov).

Wander - dlhodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou pod 10 Hz od centrálnej frekvencie.

- zdroje wandera :
  - a) pri hranici medzi dvomi sieťami, ktoré majú samostatné zdroje taktovacieho signálu PRC,
  - b) medzi master a slave hodinami ako zdrojmi taktovacieho signálu v rámci jednej siete. \*/

# Technológie xDSL – RT 05/06, OT 09, OT 02/03, OT 04/05

## 1. Charakteristika prenosového prostredia

Prenosové médium - metalické symetrické (homogénne) vedenia, energetické rozvody (Power DSL), optické vlákna (Fiber DSL)

Negatívne vplyvy - lineárne (straty šírenia = tlmenie signálu), presluchy (NEXT, FEXT), šumy (impulzný šum)

Techniky číslicového spracovania používané v technológiách xDSL :

Adaptívne spracovanie signálov - číslicový vyrovnávač, číslicová zábrana ozvien

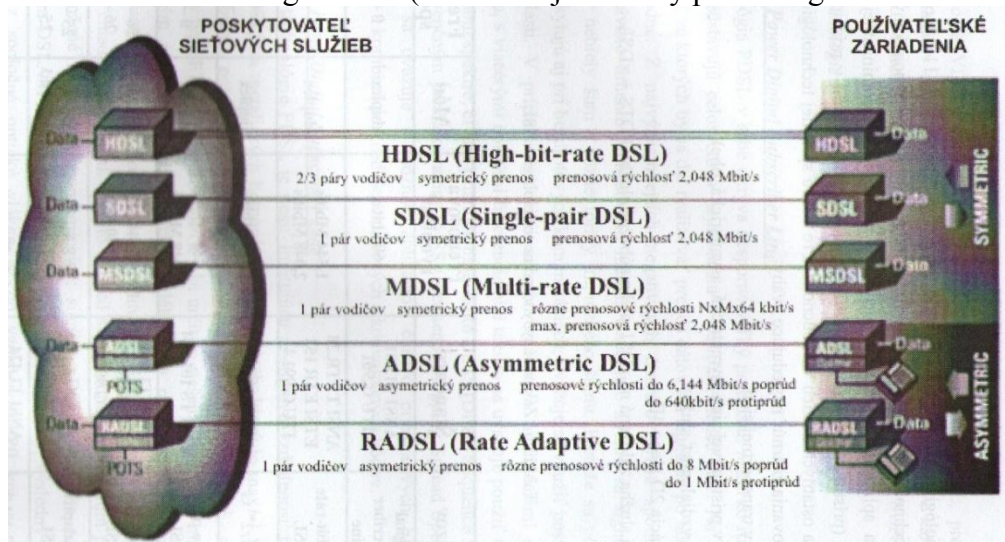
Linkové kódy - AMI, 2BIQ, MMS43 (4B3T)

Modulačné techniky - QAM, CAP, DMT, DWMT,...

Kódovacie techniky - FEC

## 2. Typy technológií xDSL a ich prenosové vlastnosti :

Technológia DSL - prvýkrát použitie pojmu Digital Subscriber Line, nepatrí však do rodiny technológií xDSL (neumožňuje súčasný prenos signálov POTS a DSL)



(\*\*toto je bez amerického štandardu. zo skript\*\*/ neviem preco americký štandard je v jeho vzorovom vypracovaní)

**Skupina HDSL** - plnduplexný symetrický prenos, prenosové rýchlosti do 2 Mbit/s  
- patrí sem High-bit-rate DSL, Single pair (Symmetric) DSL, Multirate Symmetric DSL

**Skupina ADSL** - asymetrický prenos (prenos od účastníka do ústredne je menší ako prenos od ústredne k účastníkovi), prenosové rýchlosti do 6 Mbit/s  
- patrí sem Asymmetric DSL, Rate Adaptive DSL

**Skupina VDSL** - asymetrický prenos, systémy neskoršej generácie budú umožňovať aj symetrický prenos, prenosové rýchlosti do 55 Mbit/s  
- patrí sem Very high-bit-rate DSL

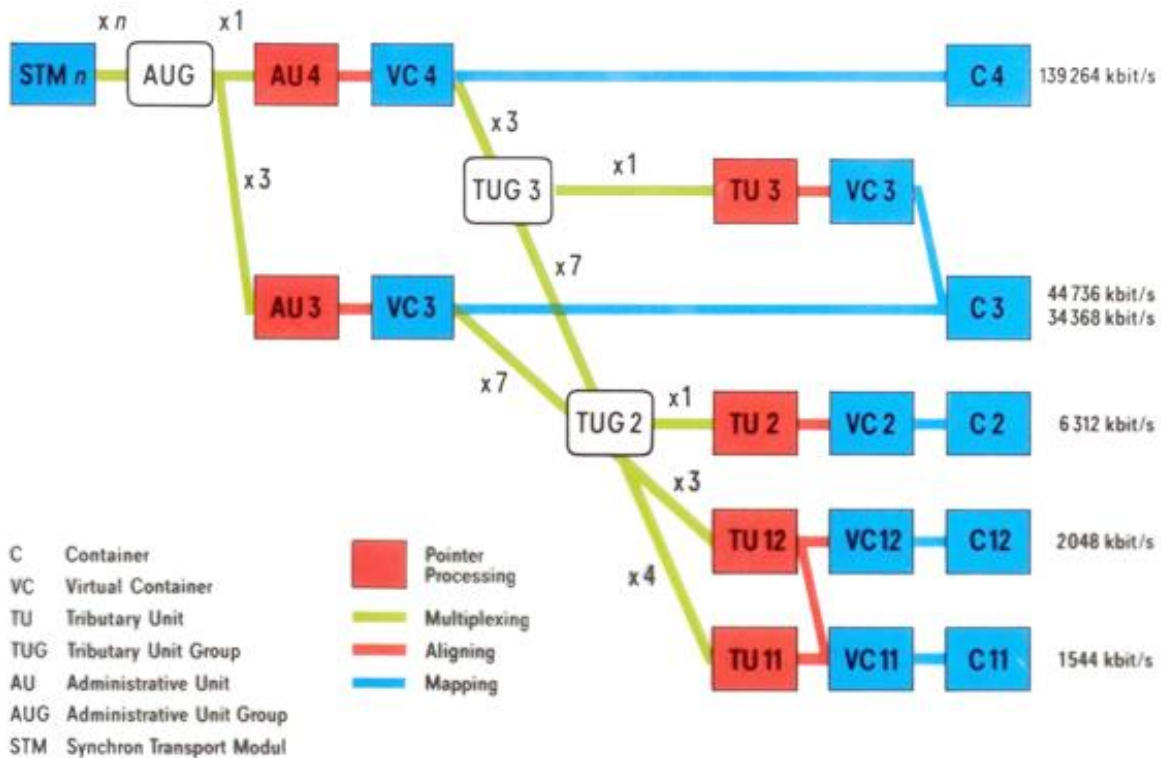
Technológia PDSL - prenosové médium je tvorené rozvodmi elektrickej energie

Technológia FDSL - prenosové médium je tvorené optickými vláknami



## Číslicový prenosový systém (hierarchia) SDH RT 02/03, RT 04/05, RT 07, 07/08

### 1. Základná multiplexná štruktúra pre vytvorenie základného rámca STM-1 z rôznych vstupných pleziokrónnych signálov z hierarchie PDH:



### 2. Funkcia jednotlivých blokov a procedúr:

kontajner C - každý kontajner zodpovedá existujúcej pleziokrónnej bitovej rýchlosti, informácie z pleziokrónného signálu sú mapované do kontajnera

mapovanie - procedúra, ktorou sa upravujú prítoky do formy virtuálnych kontajnerov na začiatku multiplexnej štruktúry siete SDH

hlavička cesty POH - doplnková riadiaca informácia zabezpečujúca monitorovanie cesty  
 $C + POH_C \rightarrow VC$

virtuálny kontajner VC - samostatná skupina, ktorá môže byť v tejto podobe prenášaná na potrebné miesto (multiplexovaná do vyšších skupín, alebo prepínaná v sieti vo svojej úrovni)

zarovnávanie - procedúra, ktorou sa informácia o posune virtuálneho kontajnera zahŕňa do prítokovej jednotky (alebo administratívnej jednotky \*vo vyššom ráde), keď je upravovaný rámec danej vrstvy

smerník P - ukazuje na miesto, kde začína nižšia skupina vo vyššej relatívne k jeho polohe, ktorá je vo vyššej skupine pevne daná

Smerník má dve základné funkcie - elimináciu taktov jednotlivých prítokov a umožnenie jednoduchého skladania, resp. výberu nižších skupín z vyšších bez potreby demultiplexovania

$$VC + P_{TU} \rightarrow TU$$

prítoková jednotka TU - skupina, ktorá obsahuje všetky potrebné typy informácií a je pripravená na ďalšie spracovanie v rámci multiplexnej štruktúry



### multiplexovanie

- je procedúra, ktorou sa viaceré signály na úrovni cesty nižšieho rádu upravujú na cesty vyššieho rádu, alebo sa viaceré signály na úrovni vyššieho rádu upravujú do sekcie multiplexu

$$n \times TU \rightarrow TUG$$

skupina prítokových jednotiek TUG - vzniká multiplexovaním niekoľkých prítokových jednotiek

V ceste vyššieho rádu (3. alebo 4.) sa jednotlivé procedúry opakujú v rovnakom poradí ako v ceste nižšieho rádu (1. alebo 2.), t.j. najprv mapovanie, potom zarovnávanie a nakoniec multiplexovanie.

$$TUG + POH_{TUG} \rightarrow VC 3,4$$

POZOR! Hlavička cesty pri C nie je totožná s hlavičkou cesty pri TUG!

$$VC 3,4 + P_{AU} \rightarrow AU$$

POZOR! Smerník TU nie je totožný so smerníkom AU!

$$n \times AU \rightarrow AUG$$

administratívna jednotka AU - ako pri prítokovej jednotke

skupina administratívnych jednotiek AUG - ako pri skupine prítokových jednotiek

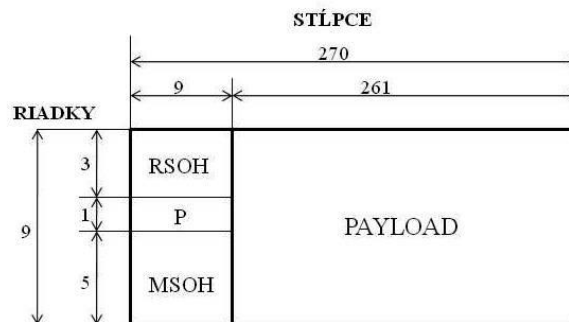
hlavička sekcie SOH

- hlavná riadiaca informácia zabezpečujúca rámcovú synchronizáciu, prídavne dátové kanály, dohľad pre jednotlivé sekcie, identifikáciu, riadiace funkcie pre záložné zapojenia

$$AUG + SOH \rightarrow STM-1$$

synchronný prenosový modul 1. rádu STM-1 - základný rámec, najnižšia úroveň SDH

### **3. Štruktúra rámca STM-1 a odvodenie prenosovej rýchlosti:**



P - smerník (pointer)

SOH - section overhead

RSOH - regenerátor SOH

MSOH - multiplex SOH

trvanie rámca = 125  $\mu$ s

$$v_{pSTM-1} = 270 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 8000 = 155,52 \text{ Mbit/s}$$

Diagram showing the calculation of the STM-1 frame rate. The formula is  $v_{pSTM-1} = 270 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 8000 = 155,52 \text{ Mbit/s}$ . The numbers 270, 9, and 8 are circled. Arrows point from these numbers to their respective labels: 270 is labeled 'počet stĺpcov' (number of columns), 9 is labeled 'počet riadkov' (number of rows), and 8 is labeled 'počet bitov v bajte (oktete)' (number of bits in a byte (octet)). The number 8000 is labeled 'vzorkovacia frekvencia (v Hertzoch)' (sampling frequency (in Hertz)).

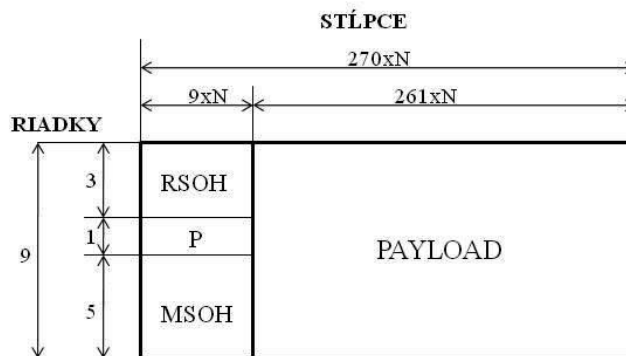
### 3. Spôsob vytvorenia hierarchie SDH pomocou signálov STM-N:

Rámce vyšších rádov hierarchie SDH dostaneme multiplexovaním N rámcov STM-1 na úrovni oktetov, pričom  $N = 4, 16, 64, 256, \dots$ . Synchronne transportné moduly vyšších rádov sú vytvorené zo synchronných transportných modulov nižších rádov ich prekladaním po oktetoch (najprv 1. riadok cez celú šírku rámca, potom 2. riadok cez celú šírku rámca, atď.). Základná frekvencia opakovania rámca sa nemení, t.j. je rovná 8000 Hz, ale výsledná prenosová kapacita výstupného signálu vyššieho rádu bude oproti pôvodnej kapacite vstupných signálov nižšieho rádu presne štvornásobná. Výsledná štruktúra rámcov STM-N je podobná štruktúre rámca STM-1, v porovnaní s ňou je však počet stĺpcov N-krát väčší, pričom počet riadkov ostáva nezmenený. Taktiež sa zachováva rozloženie a štruktúra hlavičiek, smerníkov a užitočnej informácie pre každý rámec nižšieho rádu.

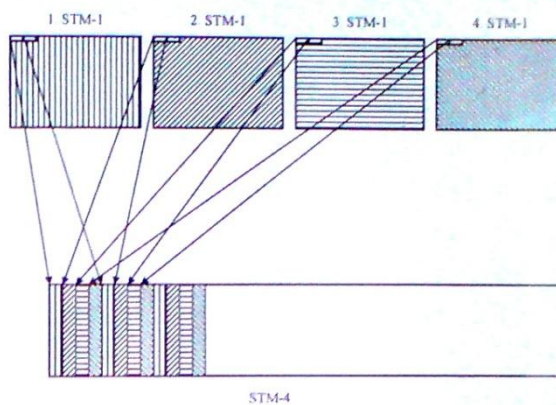
Prenosové rýchlosti signálov v jednotlivých rádoch hierarchie SDH

Rád SDH	STM-N	Prenosová rýchlosť
0.		51,84 Mbit/s (len <b>SONET</b> )
1.	STM-1	155,52 Mbit/s
2.	STM-4	622,08 Mbit/s
3.	STM-16	2 488,32 Mbit/s
4.	STM-64	9 953,28 Mbit/s
5.	STM-256	39 813,12 Mbit/s

Štruktúra rámca STM-N



Multiplexovanie rámcov STM-1 do rámca STM-4



## Prevodníky A/D OT 04/05 RT 07

### 1. Typy prevodníkov A/D používané v DPS:

- prevodník po kvantizačných úrovniach
- prevodník po bitoch
- prevodník po kódových skupinách

### 2. Komparácia prevodníkov A/D, keď sú použité v DPS PCM 32, z hľadiska rýchlosti prevodu obvodov BČ a GČI:

Keďže prevodník A/D je súčasťou kodéra, slúži v systéme pre všetky kanály v skupinovej časti systému.

Výpočet rýchlosti prevodu obvodov BČ a GČI pre jednotlivé prevodníky:

- prevodník po kvantizačných úrovniach

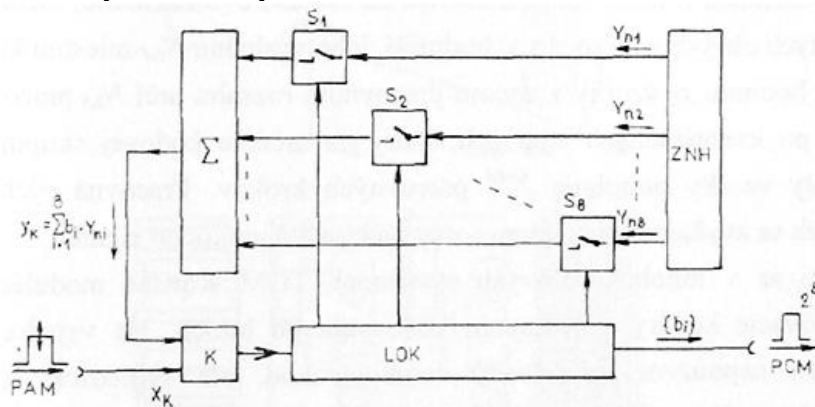
$$v_p = N_{kv} \cdot f_{vz} \cdot N_k = 256 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 32 = 65,536 \text{ Mbit / s}$$

- prevodník po bitoch  $v_p = N_{kd} \cdot f_{vz} \cdot N_k = 8 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 32 = 2,048 \text{ Mbit / s}$

- prevodník po kódových skupinách  $v_p = 1 \cdot f_{vz} \cdot N_k = 1 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 32 = 256 \text{ kbit / s}$

- $N_{kv}$  - počet kvantizačných úrovní  
 $N_k$  - počet kanálov v systéme  
 $N_{kd}$  - dĺžka kódového slova  
 $f_{vz}$  - vzorkovacia frekvencia

### 3. Bloková schéma A/D prevodníka po bitoch



Postup prevodu keď  $N_{kd} = 8$  a vzorka QPAM na vstupe prevodníka A/D prislúcha 158 kvantizačnej úrovni:

Stav spínačov  $S_1$  až  $S_8$  po vyhodnotení vzorky QPAM na príslušné kódové slovo:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Spínač $S_1$ – uzavretý -> 1 | Spínač $S_5$ – uzavretý -> 1 |
| Spínač $S_2$ – uzavretý -> 0 | Spínač $S_6$ – uzavretý -> 1 |
| Spínač $S_3$ – uzavretý -> 0 | Spínač $S_7$ – uzavretý -> 1 |
| Spínač $S_4$ – uzavretý -> 1 | Spínač $S_8$ – uzavretý -> 0 |

Príslušný tvar binárneho kódového slova s priamym usporiadaním váh:  
 Váha príslušného miesta v kódovom slove binárneho váhového kódu s priamym usporiadaním váh je:

$$Y_{ni} = 2^{N_{kd}-i} \text{ kde } i=1,2,\dots,N_{kd}$$

Potom príslušné kódové slovo je 10011110.

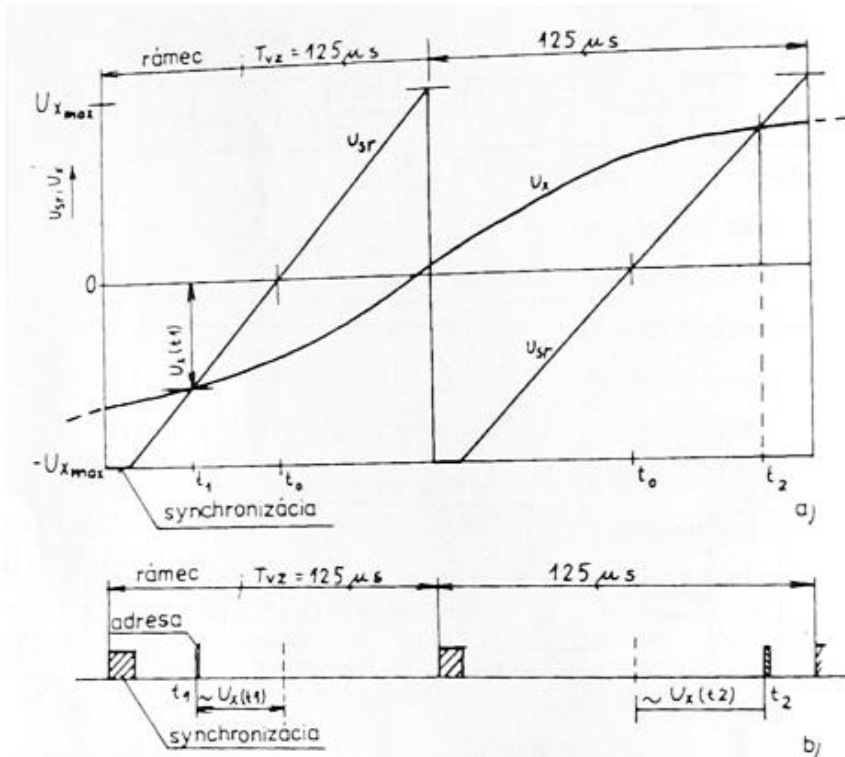
## Modulácia AKM RT 07

### 1. princíp modulácie AKM

Pre správne vyhodnotenie prenosu signálu treba prijímaču dodať dve informácie: veľkosť vstupného priebehu (resp. jeho vzorku) a poradie kanála. Pri PCM modulácii veľkosť vstupnej vzorky udáva kódová kombinácia. Poradie kanála je dané polohou a trvaním príslušného časového úseku v rámci, z čoho vyplýva potreba synchronizácie prijímača s vysielačom. Pri AKM je poradové číslo kanála vložené do tzv. adresy, ktorá je priradená vlastnej kódovej skupine. Táto adresa zabezpečí, že informácia o veľkosti vzorky dôjde do príslušnej kanálovej jednotky bez toho, aby prijímač s vysielačom bol synchronizovaný.

Druhé zdokonalenie vychádzalo z toho, že hovorový telefónny signál má s nadpolovičnou pravdepodobnosťou nulovú okamžitú hodnotu a že zhoda okamžitých hodnôt nezávislých hovorových priebehov je málo pravdepodobná. Z toho hľadiska je teda zbytočné vyhradiť každému signálu samostatný časový úsek v rámci. Celý rámec môže byť totožný s časovými úsekmi všetkých kanálov, v ktorých sa kódové kombinácie spoločne prenášajú.

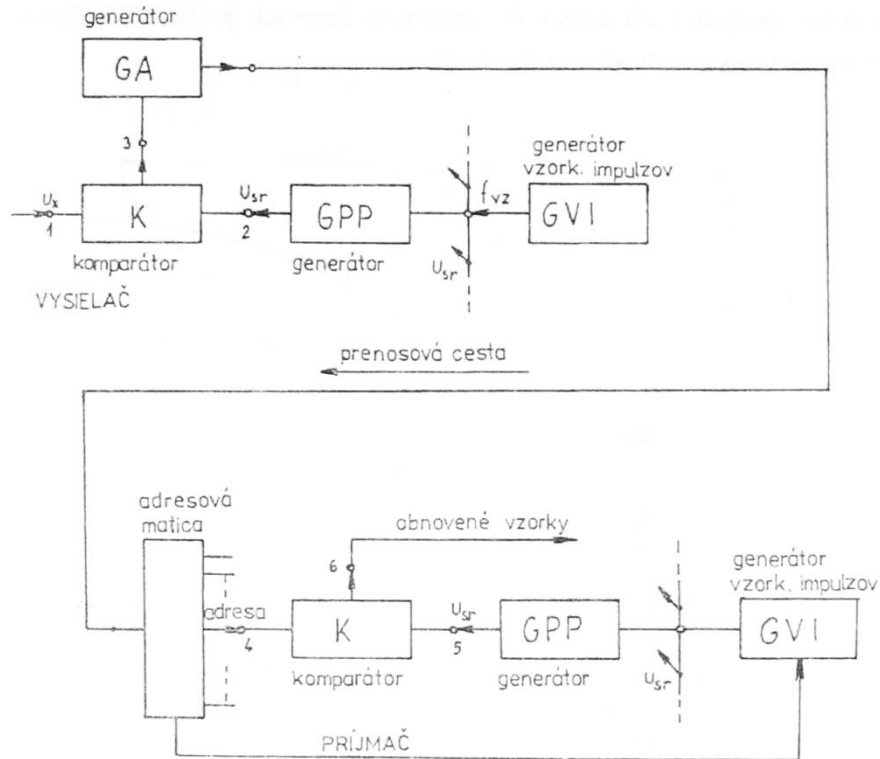
Spojením oboch predchádzajúcich myšlienok vzniká AKM ako kombinácia modulácie pulzne polohovej a pulzne kódovej. Poradové číslo kanála je dané zakódovanou adresou, hodnota vzorky časovou polohou adresy tejto vzorky v rámci.



K základným vlastnostiam adresne kódovaného systému patrí využitie náhodného rozloženia okamžitých hodnôt hovorového signálu. To umožňuje prenášať určitou rýchlosťou prenosu oveľa viac kanálov ako ostatné digitálne modulácie. Dôsledkom je občasné posunutie alebo potlačenie adresy, čo sa prejaví ako zmena hodnoty alebo strata vzorky. To teda znamená, že prenosové vlastnosti kanálov (najmä tlmenie a kvantizačné skreslenie) nie sú konštantné a zhoršujú sa so stúpajúcim počtom obsadených kanálov.

S tým súvisí skutočnosť, že pri zvolenej rýchlosti prenosu a počte kvantizačných stupňov nie je určený počet kanálov, ktorý môže byť prenesený. Teoreticky možno v jednom rámci prenášať súčasne adresy desiatok až stoviek kanálov. Skutočný počet kanálov závisí od prípustného zhoršenia kvality prenosu pri najväčšom prevádzkovom zaťažení.

## 2. bloková schéma prenosového systému s moduláciou AKM



Vstupný priebeh  $u_x$  je pripojený k svorku 1 komparátora vysielča. Generátor vzorkovacieho signálu s kmitočtom  $f_{vz}$  spúšťa generátory porovnávacích priebehov  $u_{sr}$ , ktoré sa privádzajú na vstup komparátora. V okamihu rovnosti oboch napätí v čase  $t_1, t_2, \dots$  dá komparátor pokyn na vysielanie adresy kanála. Usporiadanie prijímača je podobné. Adresová matica roztriedi prichádzajúce adresy do príslušných kanálov. Generátor vzorkovacieho signálu sa spúšťa synchronizačnou skupinou na začiatku každého rámcu. Do komparátora vstupuje svorkou 5 porovnávací priebeh  $u_{sr}$ . V okamihu príchodu adresy na svorku 4 vyšle komparátor na výstupe 6 vzorku, ktorej veľkosť zodpovedá hodnote porovnávacieho priebehu v okamihoch  $t_1, t_2, \dots$ . Obnovené vzorky sa po prechode dolným priepustom zbavia nežiaducich kmitočtových zložiek.

## 3. komparácia prenosového systému s moduláciou AKM a s moduláciou PCM

Modulácia PCM je obvodovo zložitejšia, umožňuje však vytvorenie celého radu systémov s pevnou následnosťou (hierarchiou, jednotlivých rádo, generácií). Celá hierarchia digitálnych prenosových systémov, ktorých parametre sú zakotvené v odporúčaní CCITT, je založená práve na základných PCM multiplexných zariadeniach 1. rádu.

Modulácia adresne kódová AKM je zaujímavá originalitou základnej myšlienky. Dá sa povedať, že je založená na zásade ponuky a dopytu rovnako ako iné druhy služieb. V čase malej prevádzky sú prenášané všetky vzorky a kvalita prenosu je porovnateľná so systémom PCM. Pri úplnom zaťažení sú však adresy posúvané alebo potláčané, kvalita prenosu klesá.

## Číslicové prenosové systémy PDH a SDH RT 07

### 1. porovnanie základných vlastností hierarchií PDH a SDH

Vlastnosť	PDH	SDH
Štandard	min. 2 verzie s problémami pri spolupráci	celosvetový štandard
Základný rámeč	PCM 1. rádu 30/32 (Európa)	STM-1
Typy informácií	užitočné + riadiace (synchronizácia + signalizácia)	užitočné + riadiace (synchronizácia + signalizácia) + smerník (nový typ)
Základná prenosová rýchlosť	2,048 Mbit/s	155,52 Mbit/s
Prenosová rýchlosť vyšších rádo	viac ako 4x rýchlosť nižšieho rádu	presne 4x rýchlosť nižšieho rádu
Spôsob multiplexovania	po bitoch, vždy 4 vstupné signály na 1 výstupný	po bajtoch, vždy 4 vstupné signály na 1 výstupný
Spôsob demultiplexovania	zložitý po jednotlivých krokoch	jednoduchý vďaka smerníku
Prenosové médium	rôzne (metalické, vzduch, optické)	optické vlákno, vzduch len pri 1. ráde
Typ prenosu z hľadiska synchronizácie	takmer synchronný (plezio)	plne synchronný
Spôsob synchronizácie zariadení	vyrovnávanie prenosových rýchlostí (stuffing)	hierarchický (zdroj PRS pre taktovací signál)
Typ signalizácie	signalizácia priradená ku kanálu CAS	spoločná kanálová signalizácia CCS
Vytváranie sietí	nie	áno, základná súčasť telekomunikačných sietí
Manažment sietí	minimálny	plne rozvinutý zabezpečujúci kompletnú činnosť sietí TMN
Sieťové zariadenia	lacnejšie, predovšetkým HW, SW len minimálne	nákladnejšie, okrem HW potreba aj rozsiahleho SW

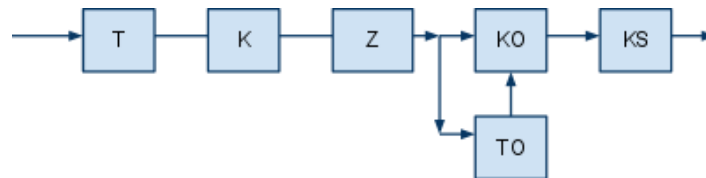
Nižšie je už voľné spracovanie (neboli fotky okrem Gray - Binary)

## **Regenerátory (opakovače)** RT 04/05, OT 02/03, OT 09

### **1. Význam a funkcia regenerátorov v digitálnych prenosových systémoch**

- ich úlohou je regenerácia signálu do tvaru a času (počas prenosovej cesty signál môže zoslabnúť atď.). Neodstraňujú chyby ! - to sa deje až na konci prenosovej cesty. Odstraňujú drift / jitter alebo ho znižujú na prijateľnú úroveň.
- dva typy regenerátorov: - fázový záves  
- rezonančný obvod

### **2. Bloková schéma regenerátora**



T - translátor

K - korektor (charakteristík)

Z - zosilňovač - zdvihne úroveň vzoriek

TO - taktovacie obvody - čas. sled signálov ako boli vyslané (pri prenose sa vzorky môžu poprehadzovať)

KO - koinadenčné obvody (???)

KS - koncový stupeň - pripíše tvar aký bol na začiatku

### **3. Prečo sa používajú kódy HDBn?**

- čím častejšie striedanie 0 a 1 => tým výraznejšia časonosná zložka. HDBn kódy umožňujú lepšie preklenúť miesta s dlhodobou nulovou hodnotou => lepšie udržanie taktovacieho signálu



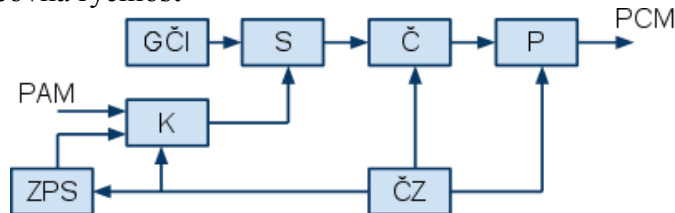
## Kóbery OT 02/03 - nekompletné

### 1) po kvantizačných stupňoch

Je založený na porovnávaní hodnoty  $x_k$  vzorky predĺženej na čas trvania kanálového intervalu  $t_k$  s porovnávacím signálom  $y(t)$ , ktorého amplitúdový rozsah  $0 \div y_m$  alebo  $-1/2y_m \div 1/2y_m$  zodpovedajúce pracovnému rozsahu kódera. Zložka kódovej skupiny sa odvodzuje od dĺžky časového intervalu  $\Delta t$  od začiatku kódu až po  $x_k=y(t)$ .

*Výhoda:* jednoduchá obvodová realizácia s použitím PŠM alebo PPM.

*Nevýhoda:* vysoká pracovná rýchlosť

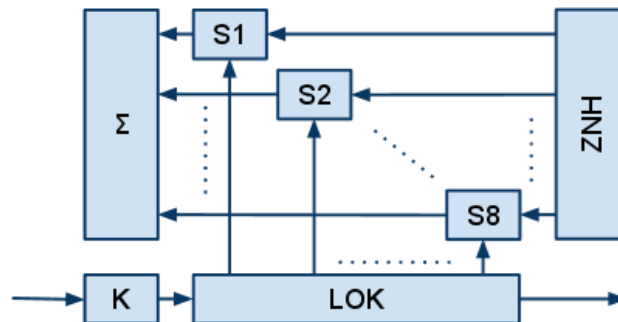


GČI-generátor čítacích impulzov, ZPS-zdroj porovnávacieho signálu, K-komparátor, ČZ-časová základňa, Č-čítač, P-pamäť, S-spínač

### 2) po bitoch (váhovanie)

Založené na prevode medzi desiatkovou a dvojkovou sústavou. Veľkosť kvantizačnej hodnoty  $y_x = \Delta \cdot \sum_{i=1}^{N_{kd}} b_i \cdot 2^{N_{kd}-i}$ , kde  $\Delta$  je veľkosť kvantovaného úseku.

*Výhoda:*  $N_{kd}$  pracovných krokov na určitú kódovú skupinu, pracovná rýchlosť kódera = prenosová rýchlosť digitálnych signálov. Používa sa v TDM s PCM – symetrický dvojkový kód



K-komparátor, ZNH-zdroj normovaných hodnôt, LOK-logické obvody kódera

### 3) po kódových skupinách

Metóda priameho porovnávania hodnôt - kóder určí jedným krokom pre kódové hodnoty vzorky zložiek kódovej skupiny. Používa sa kódová obrazovka. V súčasnosti sa nepoužívajú.

## Binary to Gray OT 2009

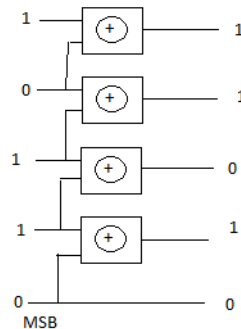
- pre rýchle kóдеры (Grayov kód) je podmienkou aby dve susedné slová sa líšili len o 1  
 $= d(x, x \pm 1) = 1$
- Prevod kódového slova v Binary na  $N_{KV} = 23$  (kvantizačná úroveň)  $\rightarrow 10111$  (Binary)  
 $\rightarrow 11100$  (Gray)

- Určiť hodnotu QPAM23 ak dynamický rozsah signálu je 3 V

$$\Delta u = \frac{3V}{N_{KV}-1} = \frac{3V}{31} \cong 0,097 \quad QPAM_{23} = 23\Delta u = 2,226$$

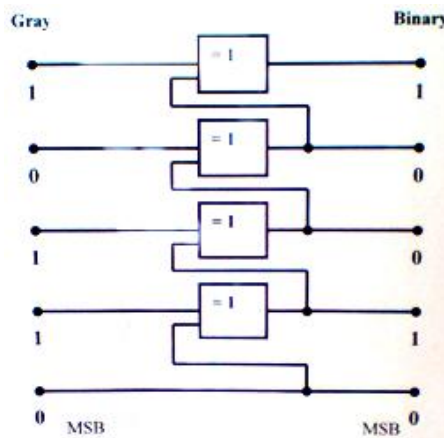
- Schéma prevodníka (pre prevod kódu 01101 (s priamym usporiadaním váh)):

- napr. binary    01101  
                   0/01101  
                   gray    01011



## Prevodníky Gray-Binary 07/08

1. Prevodník G-B pre 5 miestnu kódovú kombináciu v Grayovom kóde v tvare 01101, pričom bit MSB je logická nula na 1. Mieste vľavo:



Príslušná 5-miestna kódová kombinácia v binárnom kóde s priamym usporiadaním váh je v tvare 01001, pričom bit MSB je logická nula na 1. Mieste vľavo.

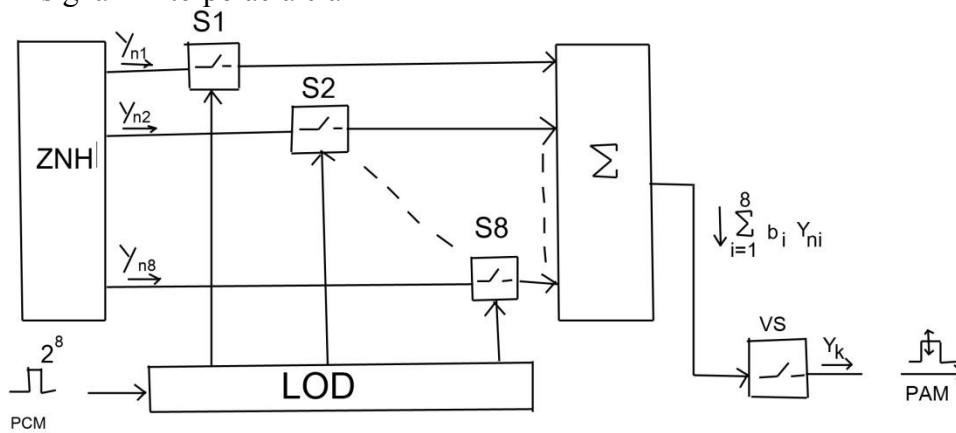
2. Príslušná kvantizačná úroveň pre túto 5-miestnu kódovú kombináciu 01001 je  $0.2^4 + 1.2^3 + 0.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = \mathbf{9. kvantizačná úroveň}$

3. Dynamický rozsah signálu                    3V  
     Počet kvantizačných úrovní                 $N_{kv}=32$   
     Rozsah 1 kvantizačnej úrovne             $\Delta u = \frac{3V}{N_{kv}-1} = \frac{3V}{31} = 0,096V$   
     9. kvantizačná úroveň                       $QPAM_9=9.\Delta u=\mathbf{0,871 V}$

## Dekóдеры OT 02/03

### 1. Typy dekóderov používaných v digitálnych prenosových systémoch, princíp činnosti

- o váhovací - odvodený z kódera po bitoch
  - výhoda - veľmi jednoduchým spôsobom vieme prispôbiť jednotlivé typy kódov (s priamym ale nepriamym usporiadaním váh)
  - pri 32 kanálovom systéme rýchlosť 2,048 Mbps
  - signál - interpolácia 0 a 1

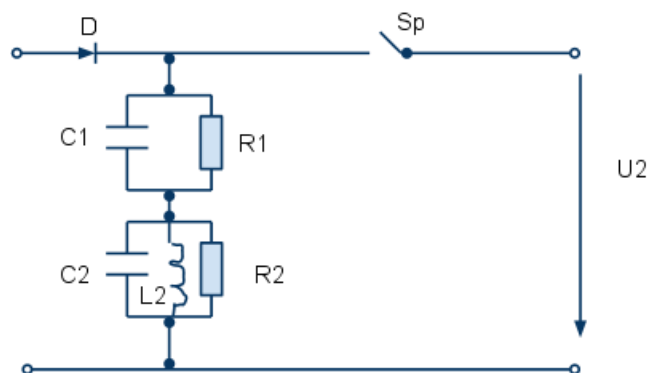


ZNH - zdroj normálnych hodnôt (koľko výstupov, toľko bitový systém)

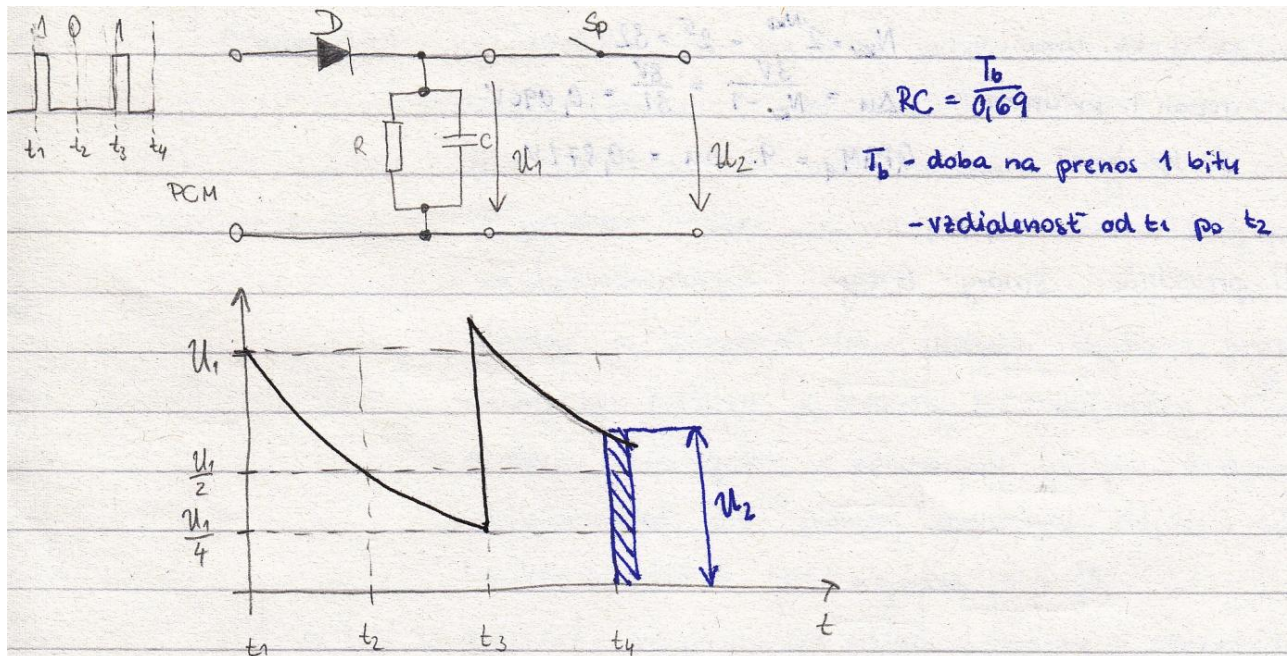
LOD - logické obvody dekodéra

Shannonov - vid' 2 a 3

Shannon - Rackov



## 2. Schéma a princíp činnosti Shannonovho dekódera



QPAM - váhovanie impulzov (1. impulz najmenšia váha)

## 3. Aký je typ kódu pri Shannonovom dekóde a prečo?

- kód s nepriamym usporiadaním váh  $\Rightarrow$  potrebujeme prevodník kódu z priameho na nepriame usporiadanie váh
- kvôli veľkým nárokom na odčítavací obvod

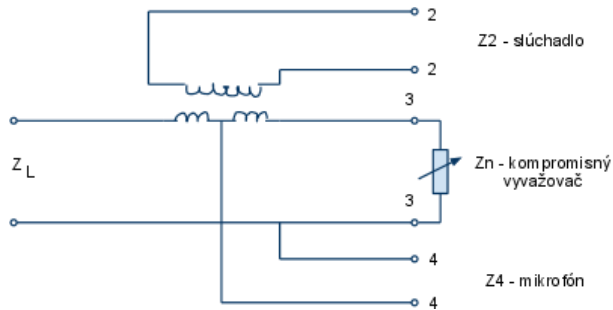
## Vidlica RT 02/03 RT 04/05

### 1. Typy vidlíc a ich porovnanie

- odporová - má najväčšie tlmenie, používa sa tam, kde si môžeme dovoliť väčšie straty
- transformátorová - je frekvenčne závislá, používa sa najčastejšie
- elektronická - používa sa tam, kde šetríme signálom, potrebuje napájanie, má najmenšie tlmenie

### 2. Transformátorová vidlica - zapojenie, 4D, hovorový transformátor

- transformátorová vidlica:



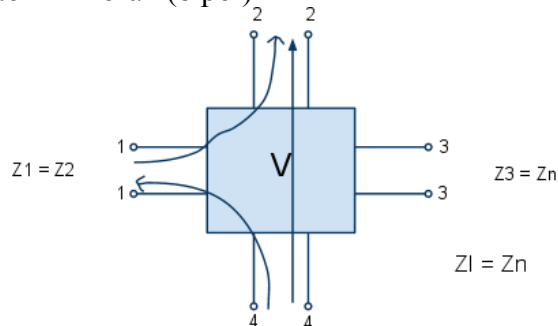
- tlmenia:

$$a_{p1-2} \Rightarrow \min$$

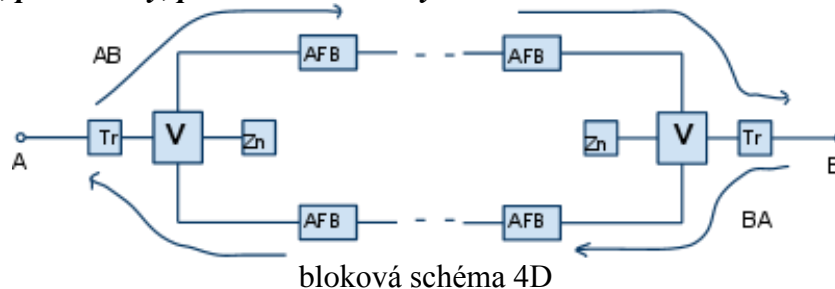
$$a_{p4-1} \Rightarrow \min$$

$$a_{p4-2} \Rightarrow \max$$

- ako hovorový transformátor - 4 - bran (8 pól)



### 3. zapojenie 4D, požiadavky, podmienka stability



AFB - aktívny funkčný blok

- požiadavka: realizovať full duplex z A do B
- podmienka stability:  $\sum z \leq \sum a$  - suma všetkých tlmení musí byť rovná (o niečo väčšia) ako suma všetkých ziskov.  $Z_1$ ,  $Z_n$  výraznou mierou vplývajú na stabilitu (bez ohľadu na typ vidlice)

## Next Generation SDH - NG SDH - (nové, ešte nebolo)

Cieľom NG SDH je eliminovať obmedzujúce faktory pri prenose dátových paketových služieb.

### Existujúca vrstva 1 (fyzická) – prenos SDH

- pevná hierarchia sústredená na prenos hlasu, globálna transportná synchronizácia, vlastnícky manažmentový systém, PoS pre priame mapovanie

### Nová vrstva 1 (optická) – prenos WDM

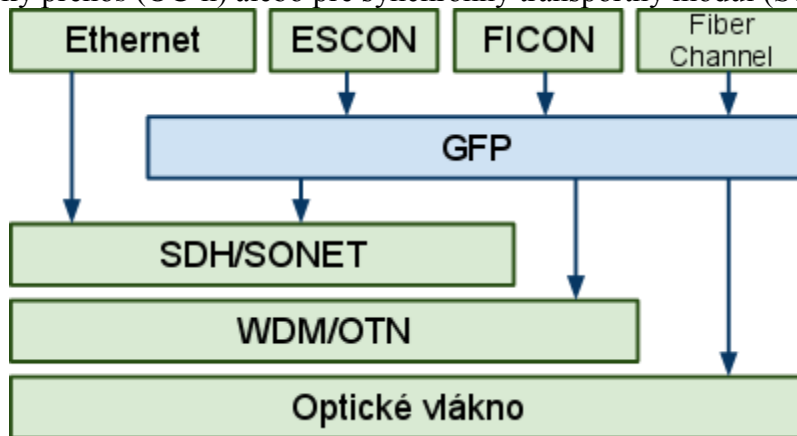
- veľké prítoky – 2,5 Gb/s, 10 Gb/s a viac ...,
- vysoká škálovateľnosť – OXC + DCS, ROADM, ...,
- pokročilá rámcová hierarchia – OTH,

### Nová vrstva 1,5 (elektrická) – prenos NG SDH

- robustné „nie-TDM“ mapovanie GFP
- efektívne prispôbenie kapacity VCAT (ITU-T G.707) ,
- dynamické riadenie šírky pásma LCAS (ITU-T G.7042).

### GFP - Generic Framing Procedure

Je efektívne mapovanie rôznych protokolov priamo do oktetovo-synchronných TDM kanálov pre optický prenos (OC-n) alebo pre synchronný transportný modul (STM-n).



Vlastnosti: podpora viacerých služieb, účinnosť prispôbená typu klienta, využitie šírky pásma, riadenie zabezpečenia

### Virtual Concatenation VCAT

- adresuje prirodzenú prítokovú zmes existujúcej technológie SDH kombinovaním viacerých nízkorýchlostných prítokov do požadovaných používateľských prítokov
- pridáva dodatočnú flexibilitu pre umožnenie nesúvislého zlučovania užitočných rámcov pre lepšie prispôsobenie sa požiadavkám rastúcich dátových tokov klientov
- definované sú dve formy :
  - a. virtuálne zlučovanie VCAT vyššieho rádu HO - poskytuje šírku pásma pre linky požadujúce rýchlosti vyššie ako 51,84 Mbit/s, kombinuje viaceré VC-3/VC-4 pre prenos rýchlostí 100 Mbit/s, Gigabit Ethernet, Fiber Channel, je navrhnuté pre VC-m-nv, kde nv určuje násobok základnej rýchlosti VC-m
  - b. virtuálne zlučovanie VCAT nižšieho rádu LO - poskytuje šírku pásma pre linky požadujúce rýchlosti vyššie ako 2,048 Mbit/s, ale menšie ako 51,84 Mbit/s, kombinuje viaceré VC-11/VC-12/VC-2 pre prenos rýchlostí pod 10M, pod 100M a 100 Mbit/s

Služba	Bitová rýchlosť	Využitie šírky pásma bez VCAT	Využitie šírky pásma s VCAT
<b>Ethernet</b>	10 Mbit/s	VC-3 (20%)	VC-12-5v (92%)
<b>Fast Ethernet</b>	100 Mbit/s	VC-4 (67%)	VC-3-2v (100%)
<b>Gigabit Ethernet</b>	1000 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)
<b>Fiber Channel</b>	200 Mbit/s	VC-4-4c (33%)	VC-3-4v (100%)
<b>Fiber Channel</b>	1000 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)
<b>ESCON</b>	200 Mbit/s	VC-4-4c (33%)	VC-3-4v (100%)

### Link Capacity Adjustment Scheme LCAS

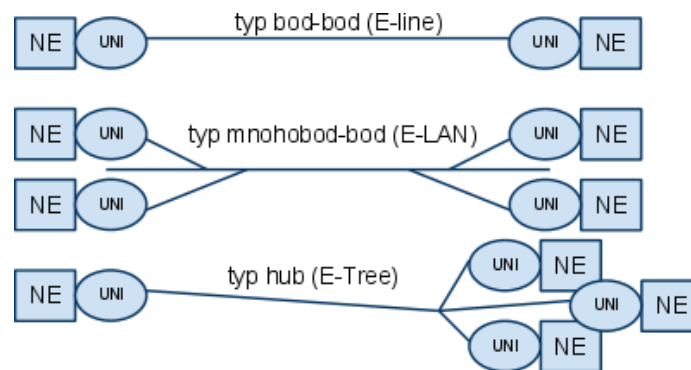
- protokol dopĺňajúci VCAT s opätovným zostavením sledu skupiny VCG – ideálny pre dynamické / časovo-premenlivé alebo asymetrické požiadavky
- protokol je vhodný pre návrh viacpartnerských služieb
- koncové body spojenia skupiny VCG používajú dvojcestnú signalizáciu pre synchronizáciu pridania/odstránenia členov zo skupiny VCG
- umožňuje dynamickú zmenu veľkosti skupiny VCAT, (to znamená zmena počtu členov použitých v skupine VCG) v závislosti na známej zmene požiadaviek služby na šírku pásma, alebo pri poruchovom stave spojenia existujúceho člena VCG,
- zabezpečuje synchronizáciu medzi zariadeniami PTE (vysielačím a prijímačím) pri zvýšení/znížení veľkosti skupiny VCG (pri zmene počtu členov v skupine VCG) tak, aby sa nerušili so základnou klientskou dátovou službou,
- pri vzniku poruchy pri prenose jedného člena skupiny, veľkosť skupiny VCG môže byť dočasne znížená (namiesto zrušenia prevádzky celej skupiny), po oprave môže byť veľkosť skupiny VCG obnovená bez vplyvu na základnú službu.



Kombinácia procedúry GFP a virtuálneho zlučovania VCAT umožňuje významné zlepšenia v účinnosti časových slotov TDM a v znížení počtu portov. Inverzné multiplexovanie a protokol LCAS sú veľmi efektívne pri zvýšení flexibility a pomáhajú minimalizovať IP smerovacie tabuľky vyšších vrstiev a/alebo roztrhnutia vetvenia siete Ethernet. Mapovanie GFP je plne kompatibilné s novými rámcovými formátmi ITU-T OTU, čím umožňuje plynulú integráciu s budúcimi optickými štandardami.

### Siete Carrier Ethernet

Spojovanie sa zameriava na vlastnosti orientované na služby použitím signalizačných systémov, zatiaľ čo prenos sa koncentruje na efektívny manažment prenosovej šírky pásma. Výhodou prenosovej oblasti je minimalizácia akokoľvek medzi závislosti akokoľvek technológiou prenosovej siete a akokoľvek technológiou spojovacej siete. Flexibilita vytvorená prenosovou sieťou znamená, že poskytovateľ môže prenosovú sieť použiť na manažovanie vlastnej vnútornej zložitosti siete a takisto na ponuku prenosových služieb pre iné organizácie pre vytvorenie ich vlastných sietí.



### Synchronný Ethernet

– architektúra synchronného Ethernetu (G.8010):

- 2 vrstvy Ethernetu – vrstva EHY (fyzická, L1); vrstva ETH (paketová, L2),
- dodatok - služba CES (Circuit Emulation Service), ktorá umožňuje služby vrstvy L1 prenášať cez sieť vrstvy L2

– synchronný Ethernet určuje frekvenčnú referenciu poskytovanú existujúcimi, definovanými štandardnými funkciami vrstiev pomocou medzivrstvy CES :

- presnosť taktovacieho zdroja Ethernet  $\pm 100$  ppm,
- presnosť taktovacieho zdroja synchronného Ethernetu  $\pm 4,6$  ppm, ktorá je v rámci frekvenčných rozsahov rozhraní Ethernetu,

– Master NE :

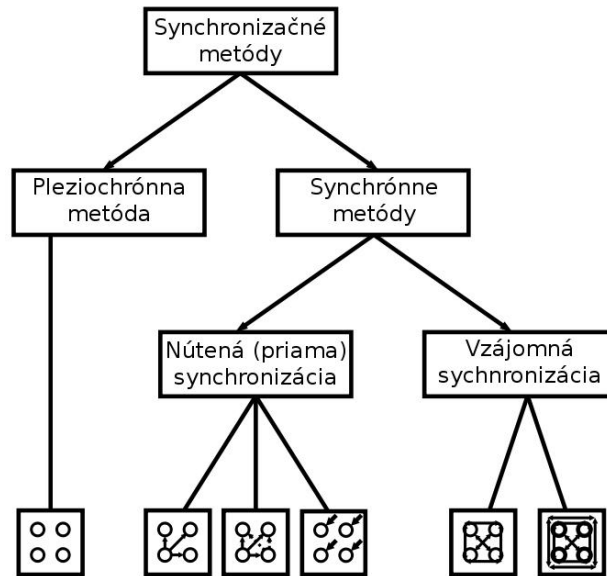
- prijíma externý vstup taktovacej frekv. zo sieťových hodín SSU alebo BITS (G.8262 EEC)

– Slave NE :

- taktovacia frekvencia je regenerovaná,
- môže byť master NE pre nasledujúci sieťový element, pričom synchronizácia je podporovaná na báze uzol-uzol

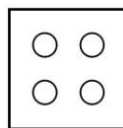
## Základné metódy synchronizácie - (nové, nebolo nikde zatiaľ)

V súčasnej dobe sa v budovaných digitálnych prenosových sieťach používajú prevažne metódy nútenej alebo vzájomnej synchronizácie, teda metódy synchronne, v nižších úrovniach sietí potom aj metóda pleziochrónna, a to v rôznych variantoch alebo so špeciálnym vybavením spĺňujúcim najrozličnejšie funkcie podľa požiadaviek na digitálne siete, v ktorej sa uplatňujú.



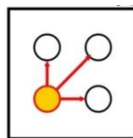
### Pleziochrónna metóda PLM

- bez vzájomného riadenia taktu jednotlivých ústrední v sieti (asynchrónna metóda)
- základné oscilátory všetkých ústrední takejto siete musia mať rovnakú frekvenciu, a to s čo najmenšou chybou
- čím je táto chyba menšia, tým je obecné aj strata informácie pri činnosti týchto ústrední menšia



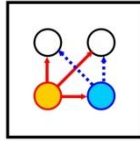
### Metóda jednosmernej nútenej synchronizácie s jednostranným riadením taktu JNJR

- využíva jednu ústredňu ako nadriadenú - tá určuje frekvenciu taktu nezávisle na ostatných ústredniach
- podriadené ústredne odvodzujú takt pre svoje riadenie z taktu nadriadenej ústredne (metóda master-slave)
- informáciu o skutočnom fázovom posuve dodáva vyrovnávacia pamäť v každej podriadenej ústredni



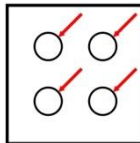
### Metóda jednosmernej nútenej synchronizácie s obojstranným riadením taktu JNOR

- vhodná najmä pre viacstupňové digitálne siete, keď sa z riadiacej ústredne prenáša takt podľa istej hierarchie cez podriadené ústredne až eventuálne k ústredni najnižšej úrovne (hierarchická metóda master-slave)
- pri vypadnutí taktu je automaticky prepojené riadenie taktu v sieti na ďalšiu nižšiu podriadenú ústredňu



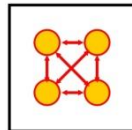
### Externé riadenie ER

- využíva vonkajší (zvyčajne veľmi presný) frekvenčný normál pre riadenie taktu (napr. GPS)
- všetky ústredne v sieti môžu byť na tento normál pripojené prostredníctvom satelitného alebo kábelového spojenia. Potom majú všetky spoločnú frekvenciu taktu.



### Metóda vzájomnej synchronizácie s jednostranným riadením taktu VJR

- nevyužíva riadiaci takt z jednej nadriadenej ústredne, všetky ústredne sa synchronizujú navzájom na určitú priemernú hodnotu taktu,
- nevýhodou tejto metódy je, že najmä zmeny niektorých parametrov prenosového prostredia (teplota okolia) môžu spôsobiť zmeny frekvencie taktu celej siete.



### Metóda vzájomnej synchronizácie s obojstranným riadením taktu VOR

- využíva pre riadenie taktu každej ústredne jednak informáciu o fázových odchýlkach taktu podľa predchádzajúcej metódy, jednak využíva informácie o rozdieloch fáz taktu na ostatných ústredniach
- tak je frekvencia taktu siete do značnej miery nezávislá na zmenách parametrov prenosových ciest.

