

Sdružování digitálních signálů

- Účelem je získat vyšší přenosovou kapacitu (definovaná hierarchie)
- Způsoby **prokládání**
 - po bitech
 - po kódových skupinách (byte)
 - po rámcích, buňkách, paketech
- **volné** (minimální časové zpoždění)
- **řízené** (zachovává se informace o umístění rámce příspěvkového signálu)

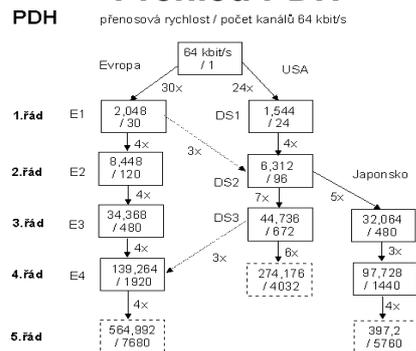
Plesiochronní digitální hierarchie PDH

- digitální signály vyšších řádů jsou tvořeny sloučením 4 signálů řádu nižšího (Evropa)
- používá se prokládání po bitech
- volné prokládání (plesiochronní)
- nepřesnost přenosových rychlostí je vyrovnávána tzv. stuffingem

Vzájemný vztah taktovacích generátorů digitální sítě

- **Synchronní** (pseudosynchronní)
 - nucená synchronizace
 - **Asynchronní** (plesiochronní)
 - řízení jednotlivých zařízení vlastními časovými základnami (kolísání okamžitých hodnot taktovacího kmitočtu okolo jmenovité hodnoty)
 - **Problém** - sdružování signálů s různou okamžitou hodnotou taktu - ani synchronizace sítě problém zcela neodstraní (fázové chvění)
- Nutné vyrovnávání přenosových rychlostí**

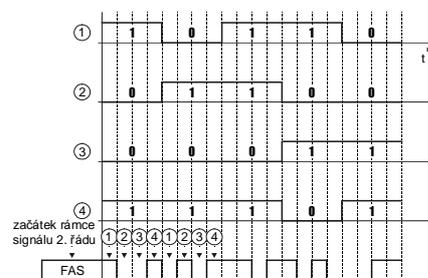
Přehled PDH



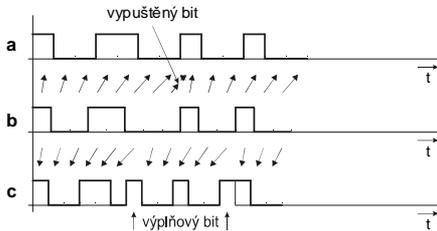
Přenosové rychlosti

- o Jmenovitá přenosová rychlost PDH signálu
- o $v_{pn} = i \cdot v_{pn-1} + j \cdot 64$ [kbit/s]
- o Evropa $i = 4$
- o Služební kanály (FAS, vyrovnávací bity):
- o E2 ... $j = 4$
- o E3 ... $j = 9$
- o E4 ... $j = 28$

Prokládání po bitech



Vyrovňávání přenosových rychlostí



Stuffing

JEV – v konkrétním rámci se provede:

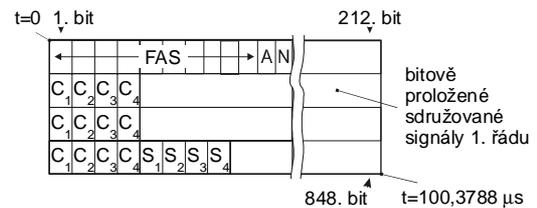
- o **Kladný stuffing** - neobsazení symbolového místa v rámci signálu vyššího řádu - vloží se pomocný dvojkový vyrovnávací symbol
- o **Záporný stuffing** - při potřebě přenést více bitů než je vyhrazený obsah rámce jsou umístěny na pevně určené místo záporného stuffingu
- o Stuffing se **neprovede**

METODA – definovaný způsob vyrovnávání

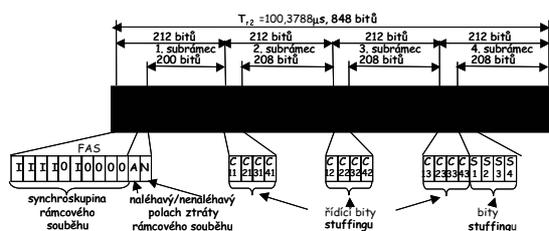
Metoda stuffingu

- o **Kladný stuffing** - taktovací kmitočet časové základny zařízení vyššího řádu je vyšší, než je okamžitá maximální přenosová rychlost příspěvkového signálu (rezerva s ohledem na možnou toleranci kmitočtů)
- o **Záporný stuffing** - pro příspěvkový signál je v rámci rezervován počet míst odpovídající nejnižší možné přenosové rychlosti příspěvkového signálu
- o **Kombinovaný** (oboustranný stuffing) - v rámci signálu vyššího řádu je vyhrazen počet bitů odpovídající právě jmenovité přenosové rychlosti příspěvkového signálu. Odchytky rychlosti jsou jak kladné, tak záporné a podle potřeby se použije kladný nebo záporný stuffing

Rámec E2 ITU-T G.742 Evropa - kladný stuffing



Rámec E2 podrobněji (s kladným stuffingem dle ITU-T G.742)



$C_{a,b}$ = b-tý řídicí bit stuffingu pro a-tý sdružovaný signál 1. řádu
 $a = 1, 2, 3, 4;$
 $b = 1, 2, 3, 4$

$C_{a,1} = C_{a,2} = C_{a,3} = 1$ - stuffing se provádí
 $C_{a,1} = C_{a,2} = C_{a,3} = 0$ - stuffing se neprovádí

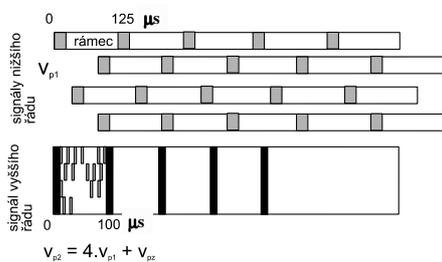
Četnost provádění stuffingu

- o $v_{p2} = 8448 \text{ kbit/s}$ tolerance $\pm 30 \cdot 10^{-6}$
- o $T_{r2} = N_2 / v_{p2} = 848 / 8448 \cdot 10^3 = 100,3788 \mu\text{s}$
- o $v_{p1\text{min}} = 205 / T_{r2} = 205 / 100,3788 = 2,042264 \text{ Mbit/s}$
- o $v_{p1\text{max}} = 206 / T_{r2} = 206 / 100,3788 = 2,0522264 \text{ Mbit/s}$
- o $v_{p1} = 2,048 \text{ Mbit/s}$ tolerance $\pm 50 \cdot 10^{-6}$
- o **četnost provádění stuffingu**

$$p = \frac{v_{p1\text{max}} - v_{p1}}{v_{p1\text{max}} - v_{p1\text{min}}} = \frac{4,226}{9,96} = 0,424$$

Asynchronní sdružování

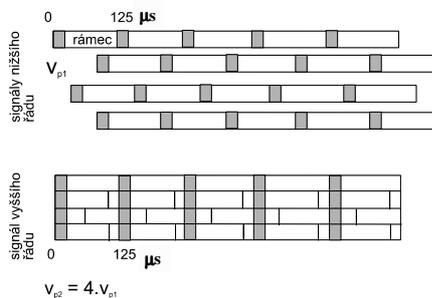
PDH - asynchronní prokládání bit po bitu



Přenosové systémy PDH

23

Synchronní sdružování



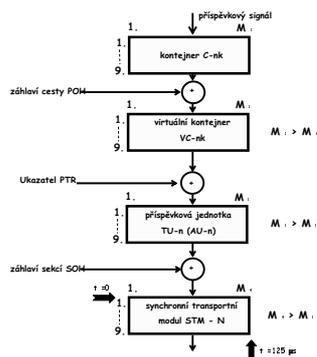
Přenosové systémy PDH

24

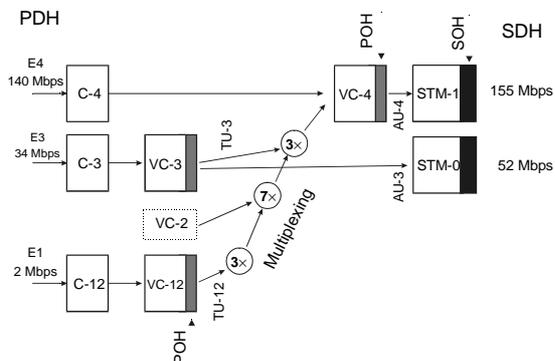
SDH - vnitřní multiplexní jednotky

- Mapování příspěvkového signálu do kontejneru C
- Přidání záhlaví cesty POH (Path OverHead) – virtuální kontejner VC
- Přidání ukazatele PTR (Pointer) – příspěvková jednotka TU (Tributary Unit)
- Sdružování do skupin TUG
- Vytvoření administrativní jednotky AU
- Přidání záhlaví sekcí SOH (Section OverHead) – STM

SDH – začleňování příspěvkového PDH signálu



Zjednodušené multiplexní schéma SDH pro Evropu



Cesty a sekce v síti SDH

