

32 KPZ - KONSTRUKCE PŘENOSOVÝCH ZAŘÍZENÍ zima 2003/2004

Přednášející:

Ing. Martin Havlan
telefon: 224352075
havlan@feld.cvut.cz
místnost: 715/B3

Organizace předmětu:

- **Obecně**
 - informace o předmětu, náplň jednotlivých přednášek i cvičení budou ke stažení na www.comtel.cz
 - pro komunikaci bude založeno diskusní fórum k předmětu tamtéž
- **Přednášky**
 - v úvodu bude uvedena obsah přednášky, na konci použita literatura a zajímavé odkazy
- **Cvičení**
 - konají se v místnosti 700/B3, nebude-li uvedeno jinak
 - obsah cvičení a podmínky zápočtu budou uvedeny na úvodním cv.
- **Exkurse**
 - součástí výuky předmětu bude povinná exkurse do výrobního závodu – podrobnosti budou sděleny v dostatečném předstihu
- **Zkouška**
 - obsahem zkoušky je jak náplň přednášek, tak náplň cvičení
 - otázky ke zkoušce budou k dispozici během semestru
 - zkouška se skládá z písemné přípravy na vytažené tři otázky a z rozpravy o těchto otázkách
 - jedna otázka je vysvětlení principu činnosti konkrétního obvodu probraného na přednáškách (blokové schéma je součástí otázky)
 - součástí hodnocení zkoušky je i známka ze cvičení (za zpracování Projektů I a II)

Náplň a cíle předmětu:

Náplň předmětu si klade za úkol udělat komplexní přehled problematiky návrhu a konstrukce telekomunikačních přenosových zařízení, probrat tuto problematiku jak ze systémového hlediska, tak probrat konkrétně používané prvky a principy při návrhu a konstrukci přenosových zařízení a jejich částí, zopakovat a shrnout potřebné znalosti získané během předchozího studia.

| Týden | Osnova přednášek |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Úvod. Přenosová síť a zařízení. Blokové schéma PDH muldexů a jejich konstrukce. |
| 2. | Obvodové řešení PDH muldexů 1. řádu. |
| 3. | Obvodové řešení PDH muldexů vyšších řádů. |
| 4. | Blokové schéma SDH muldexů a jejich konstrukce. |
| 5. | Obvodové řešení SDH muldexů. |
| 6. | Obvodové řešení SDH muldexů. |
| 7. | Obvodové řešení linkových zakončení. |
| 8. | Obvodové řešení přenosových zařízení pro přístupové sítě a jejich konstrukce. |
| 9. | Parametry rozhraní a bloků přenosových zařízení. |
| 10. | Exkurse do podniku STROM telecom. |
| 11. | Napájení přenosových zařízení. Zálohování zařízení a bloků přenosových zařízení. |
| 12. | Měření a testování přenosových zařízení. |
| 13. | Postup při konstrukčním návrhu přenosového zařízení. |
| 14. | Vzorový konstrukční návrh části přenosového zařízení. Shrnutí přednášek. |

Cvičení předmětu se nejdříve zabývají některými praktickými aspekty návrhu elektronických (přenosových) zařízení, dále mají vést k seznámení se s konstrukcí reálných přenosových zařízení a k získání praktických zkušeností s moderními integrovanými obvody používanými pro přenosová zařízení.

Exkurse povede k získání praktického přehledu o problematice výroby telekomunikačních zařízení.

PŘENOSOVÁ SÍŤ A ZAŘÍZENÍ. BLOKOVÉ SCHÉMA PDH MULDEXŮ A JEJICH KONSTRUKCE.

Obsah přednášky:

1. Přenosová síť a přenosová zařízení.
2. Blokovaná schémata PDH muldexů – 1. část.

1.

PŘENOSOVÁ SÍŤ A PŘENOSOVÁ ZAŘÍZENÍ

Přenosová síť je soubor technických prostředků zajišťujících dostatek kvalitních kanálů s různými kapacitami k poskytování přenosových služeb různým dalším specifickým sítím (obsluhovaným zákaznickým sítím) telekomunikačních služeb, např.

- veřejná telefonní síť (PSTN)
- radiotelefonní síť
- veřejné a privátní datové sítě s přepojováním okruhů i paketů
- počítačové sítě
- sítě telematických služeb
- distribuční sítě přenosu rozhlasových a televizních signálů

Přenosová síť (viz obr. 1.1) je tvořena **přenosovými systémy** a skládá se ze zařízení **síťových uzlů**, které optimalizují požadavky na poskytnutí spojů (kanálů) pro jednotlivé komutované i pevně propojené sítě či individuální zákazníky a **přenosových cest** buď metalických, optických nebo rádiových sloužících k překlenutí geografické vzdálenosti, jak mezi síťovými uzly, tak mezi koncovými body sítě a síťovými uzly. Přenosovou síť tedy můžeme rozdělit na **páteřní síť** a **přístupovou síť**. Nedílnou součástí přenosové sítě je také automatizovaný **systém dohledu, řízení a správy sítě**.

Přístupová síť - soubor všech technických prostředků (přenosová zařízení a media) umožňujících přístup ke službám poskytovaným provozovatelem sítě.

Páteřní síť - je tvořena integrovanými multiplexními a přepojovacími zařízeními, označovanými jako síťový prvek (NE) a dále přenosovou cestou. Síťové prvky jsou dohlíženy a řízeny přes určená rozhraní buď dálkovým nebo

místním systémem síťového dohledu a řízení a ke své činnosti potřebují další podpůrné systémy jako je systém nepřetržitého napájení a synchronizační síť.

Koncové zařízení - slouží k přeměně určité informace na elektrický signál a naopak.

Hlavní distribuční uzel - koncentruje provozní zátěž sítě.

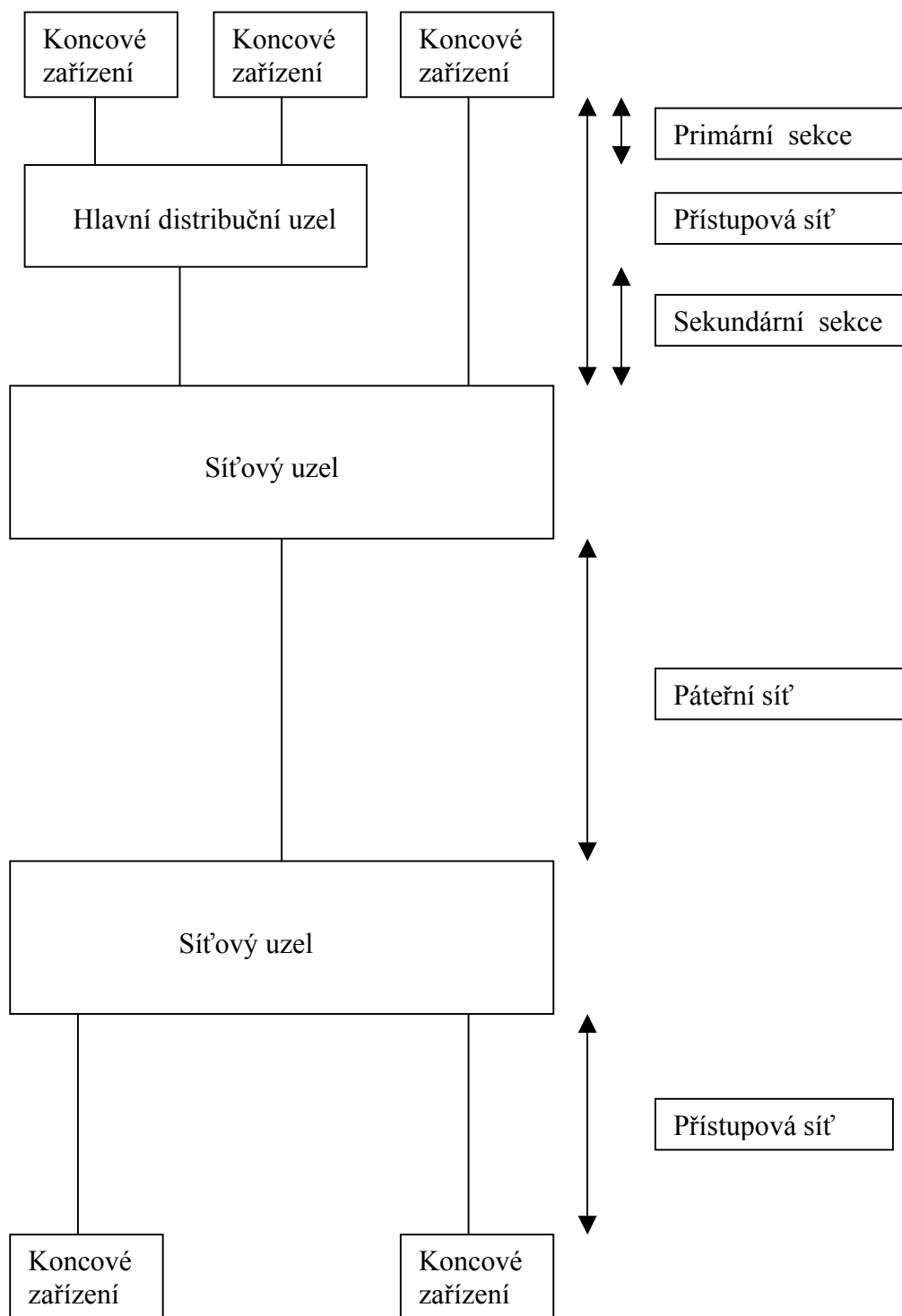
Síťový uzel - obsahuje **spojovací zařízení** - např. telefonní nebo datové ústředny, které přepojují přenášené signály do žádaného směru přenosu a **přenosová zařízení - síťové prvky**, které v odchozím směru sdružují v multiplexní části přenášené digitální signály pro efektivnější využití přenosových cest a v linkovém zakončení upravují digitální signál do tvaru vhodného pro přenos použitým přenosovým médiem a v příchozím směru naopak.

Přenosová síť může realizovat **spojení bod-bod** což je tzv. koncový provoz, např. u sítě PSTN je na daném přenosovém prostředí vytvořena přenosová cesta s potřebnou přenosovou kapacitou, tj. požadovaný počet telefonních okruhů mezi dvěma uzly telefonní sítě, ve kterých spojovací zařízení propojují nízkofrekvenční telefonní kanály nebo PCM kanály 64 kbit/s.

Dále může přenosová síť realizovat **spojení bod-více bodů**, např. u distribuční sítě rozhlasových signálů je z rozhlasového studia přenášen rozhlasový signál k jednotlivým rozhlasovým vysílačům buď v nízkofrekvenční podobě, nebo digitalizovaný.

Analogové přenosové systémy tzv. nosné systémy, používané v dřívější době, využívaly principu **kmitočtového dělení kanálů - FDM**, v dnešní době se používají digitální přenosové systémy, které pracují na principu **časového dělení kanálů - TDM**. Používají se systémy založené na plesiochronním přenosu signálů - **PDH** a systémy synchronní - **SDH**. Oba tyto systémy si dále probereme.

Obr.1.1 Uspořádání telekomunikační sítě



2. BLOKOVÁ SCHÉMATA PDH MULDEXŮ

Název Plesiochronní Digitální Hierarchie (PDH) vychází z faktu, že přenosovou sítí jsou přenášeny a zpracovávány plesiochronní signály, což jsou digitální signály se stanovenou jmenovitou přenosovou rychlostí, ovšem taktované z různých taktovacích generátorů a z toho vyplývá, že jejich rychlosti mohou mít malou, předem stanovenou odchylku.

Standardizace digitálních přenosových zařízení a digitálních sítí probíhá v CCITT od roku 1962. Při standardizaci PCM multiplexního zařízení 1. řádu, z kterého PDH vychází, se však nepodařilo dosáhnout jednotnosti, proto jsou standardizovány vlastně tři odlišné PDH pro různé světové oblasti. Evropské správy spojů se sjednotili a výchozím zařízením evropské PDH je PCM multiplexní zařízení 1. řádu PCM 30/32 .

PCM multiplexní zařízení 1. řádu je zařízení určené k přímému kódování 30 analogových signálů s použitím PCM a časového multiplexu TDM do skupinového signálu o doporučené rychlosti pro digitální signál 1. řádu 2 048 kbit/s.

Flexibilní muldex (multiplexor+demultiplexor) je univerzální multiplexor 1. řádu, který do digitálního signálu 1. řádu ukládá různé zákaznické signály, jak analogové, tak digitalizované i digitální, na základě volitelných rozhraní.

Digitální multiplexní zařízení n-tého řádu (n=2,3,4) je zařízení určené ke sdružování 4 digitálních signálů (n-1). řádu do digitálního signálu n-tého řádu. Pro evropskou PDH jsou jmenovité přenosové rychlosti s tolerancemi a počty kanálů uvedeny v tab.3.1 a plynou ze vztahu:

$$[1.1] \quad v_{pn} = p \cdot v_{p(n-1)} + m \cdot 64 \text{ (kbit/s)}, \text{ kde je}$$

v_{pn} - jmenovité přenosové rychlost digitálního signálu n-tého řádu

$v_{p(n-1)}$ - jmenovité přenosové rychlost digitálního signálu (n-1). řádu

p - počet sdružovaných digitálních signálů (n-1). řádu

m - multiplikační násobek

tab.1.1 Přehled přenosových rychlostí evropské PDH

| Řád | p | m | v_p (kbit/s) | počet tf kanálů |
|-----|---|-----|------------------------------------|-----------------|
| 1. | - | - | 2 048 ($\pm 50 \cdot 10^{-6}$) | 30 |
| 2. | 4 | 4 | 8 448 ($\pm 30 \cdot 10^{-6}$) | 120 |
| 3. | 4 | 9 | 34 368 ($\pm 20 \cdot 10^{-6}$) | 480 |
| 4. | 4 | 28 | 139 264 ($\pm 15 \cdot 10^{-6}$) | 1 920 |
| 5. | 4 | 111 | 564 992 | 7 680 |

PCM MULTIPLEXNÍ ZAŘÍZENÍ 1. ŘÁDU

PCM multiplex musí zajišťovat stěžejní funkce jako je A/D a D/A převod signálů, jejich multiplexování a demultiplexování, přenos signalizace, taktování jednotlivých bloků a synchronizaci se spolupracujícími zařízeními, dohled a napájení .

U evropské PDH se využívá **osmibitová nelineární kvantizace** analogových signálů podle charakteristiky typu A. Při multiplexování se používá **časového dělení kanálů TDM**, kdy je určitému kanálu přiřazován periodicky pouze určitý časový interval - zbývající čas periody je pak obdobným způsobem využit pro realizaci dalších kanálů. Délka této periody se nazývá **časový rámec** a časový interval vyhrazený jednomu kanálu **kanálový interval (KI)**, také se používá označení TS - Time Slot. Pro zpracování telefonního signálu 300 - 3400 Hz vychází **délka rámce** z převrácené hodnoty stanoveného vzorkovacího kmitočtu f_v :

$$[1.2] \quad T_r = 1/f_v = 1/8000 = \mathbf{125 \mu s}$$

Pro evropský systém PCM 30/32 je **rámec rozdělen do 32 KI**, z nichž se 30 používá k přenosu telefonních signálů a zbývající dva jsou určeny k přenosu služebních informací a signalizace. Každý KI se skládá z osmi symbolových míst, což vyplývá z použité osmibitové nelineární kvantizace. **Přenosová rychlost digitálního signálu 1. řádu PCM 30/32** pak vychází:

$$[1.3] \quad v_p = f_v * N_{kd} * N_{KI} = 8.10^3 * 8 * 32 = \mathbf{2\ 048\ kbit/s}$$
, kde je

f_v - vzorkovací kmitočet

N_{kd} - počet dvojkových symbolů kódové skupiny

N_{KI} - počet kanálových intervalů v rámci digitálního signálu 1. řádu

Struktura rámce PDH signálu 1. řádu je na obr.1.2, kde je vidět, že **0. KI** se používá k přenosu synchronizačního signálu FAS a služebních signálů. Použití **16. KI** je hlavně k přenosu signalizace, dále synchronizačního signálu MFAS a služebních signálů.

Je-li použita **soustředěná signalizace (CAS)** jsou každému telefonnímu kanálu vyhrazena čtyři symbolová místa a kapacita jednoho 16. KI je použitelná pro dva telefonní kanály. Z tohoto důvodu se šestnáct rámců sdružuje do **multirámce**, v němž se 16. KI 0. rámce využívá k přenosu multirámcové synchronizace MFAS a dalších patnáct rámců přenáší signalizaci třiceti telefonních kanálů (R1: 1. a 16., R2: 2. a 17., ...).

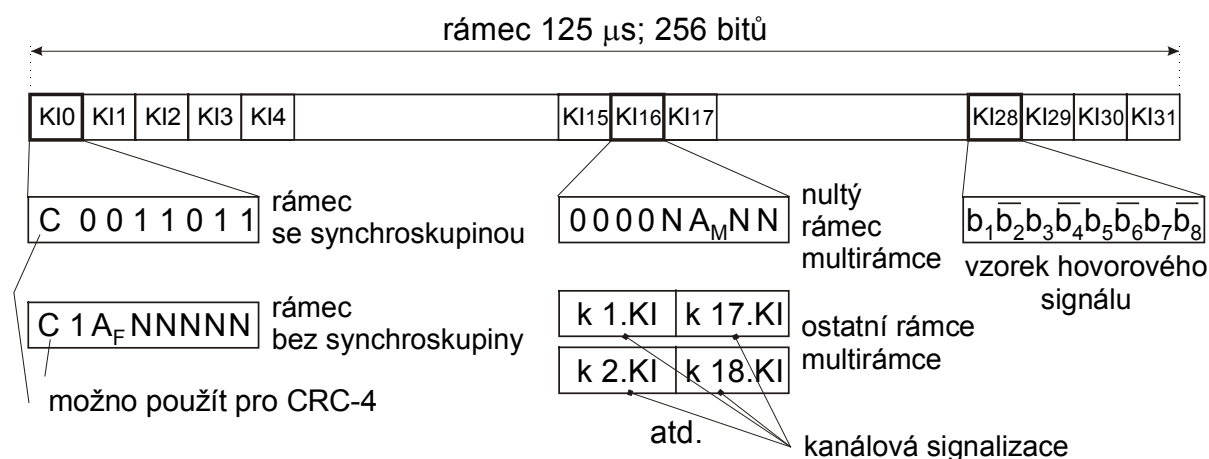
Při **centralizované signalizaci č. 7 (CCS SS7)**, tj. signalizaci společným kanálem 64 kbit/s, je uspořádání shodné, až na to, že signalizační symbolová místa nejsou pevně spojena s jednotlivými kanály. Signalizační kanál může být také realizován jinými přenosovými cestami a potom je možné využít i 16. KI k přenosu telefonního signálu či dat.

PCM signál 1. řádu se tedy může vyskytovat ve čtyřech typech rámcové struktury:

- PCM30 - se signalizací CAS (multirámcová struktura s MFAS)
- PCM30C - se signalizací CAS (s MFAS) a zabezpečením CRC-4
- PCM31 - bez multirámcové struktury MFAS
- PCM31C - bez multirámcové struktury MFAS se zabezpečením CRC-4

Obr.1.2 Struktura rámce PCM30/32

PCM 1. řádu - PCM30/32 - E1 - 2048 kbit/s



KI - kanálový interval

A_F - zpětný poplachový signál ztráty rámcového souběhu

A_M - zpětný poplachový signál ztráty multirámcového souběhu

N - bity pro národní použití (služební bity)

b - bity kanálového intervalu

C - bity rezervované pro použití zabezpečení (detekci chyb) pomocí CRC-4

0011011 - synchronskupina rámcového souběhu (FAS - Frame Alignment Signal)

0000 - synchronskupina multirámcového souběhu (MFAS - MultiFrame Alignment Signal)

Pro zajištění spolupráce mezi jednotlivými muldexy je nutná jejich synchronizace. **Bitová synchronizace** se zajišťuje na vysílací straně zdrojem taktu - krystalovým oscilátorem s přesností lepší než $\pm 50 \cdot 10^{-6}$, případně je možnost jeho synchronizace pomocí příchozího signálu či z externího zdroje, na přijímací straně je takt vždy získán vydělením z příchozího signálu. **Rámcová synchronizace** je zajišťována subsystémem rámcového souběhu.

Následující část je kompletně převzata z [1].

Nedílnou součástí digitálního vstupu u všech typů digitálních zařízení jsou tudíž obvody extrakce (vydělání) taktovacího kmitočtu, tj. opakovacího kmitočtu impulsních míst přijímaného digitálního signálu. Taktovací signál je odvozen z časové polohy každého jednotlivého symbolu přijímaného digitálního signálu a je vytvářen tvarováním výstupního signálu jednokmitočtové pásmové propusti (LC laděný obvod nebo krystalový výbrus), který ze spektra přenášeného signálu vyděluje opakovací kmitočet jeho impulsních míst.

Další problematiku, a sice *rámcový souběh*, je třeba řešit proto, aby přenos skupinového digitálního signálu mezi spolupracujícími multiplexními zařízeními byl vůbec možný.

Rámcový souběh je nutný k rozpoznávání začátků a konců rámců a jejich jednotlivých kódových skupin, tj. kanálových intervalů. Ze signálu rámcového souběhu se odvozují spouštěcí impulsy pro časové základny, které zajišťují časovou polohu jednotlivých kanálových intervalů. K zajištění rámcového souběhu slouží zvláštní skupina symbolů, tzv. *synchronskupina*, která je vkládána periodicky do rámců digitálního signálu. Její poloha vzhledem k počátku rámce je přesně definovaná a stálá. Symboly rámcového souběhu mohou být umístěny buď ve zvláštním intervalu rámcového souběhu, nebo mohou být k rámci přidány z hlediska vnitřního uspořádání rámce navíc (viz obr. 2.1). Při použití signálu rámcového souběhu, umístěného ve zvláštním kanálovém intervalu (viz obr. 2.2), se dále o jeden zmenší počet kanálových intervalů v rámci, využitelných pro přenos zakódovaných vzorků kanálových signálů. Způsob dosažení a udržení rámcového souběhu spolupracujících zařízení je uveden v další části popisovaném systému rámcového souběhu.

2.1 Rámcová a multirámcová synchronizace

Jak již bylo řečeno, posláním systému rámcového souběhu SRS v digitálních multiplexních zařízeních je zajištění časového souběhu rámcových časových základů vysílací a spolupracující přijímací části zařízení.

K označení začátku rámce je v časovém rámci o celkovém počtu N_r bitů vyčleněna skupina N_s bitů, která se nazývá řídicí kódová skupina či *synchronskupina rámcového souběhu FAS (Frame Alignment Signal)*. Ve skupinových digitálních signálech následují bity synchronskupiny zpravidla za sebou a vytvářejí tzv. soustředěnou synchronskupinu definovaného tvaru, tj. se standardizovaným složením posloupnosti symbolů 0 a 1 pro daný

signál. Za předpokladu, že se synchronkupina rámcového souběhu vysílá v každém rámci, opakuje se ve skupinovém digitálním signálu periodicky s kmitočtem rámce

$$F_r = \frac{F_o}{N_{sr}}, \quad (2.3)$$

kde F_r je opakovací kmitočet rámce,

F_o je opakovací kmitočet impulsních míst (bitový kmitočet) daného skupinového signálu a

N_{sr} je celkový počet bitů rámce.

Detekováním synchronkupin zabezpečuje systém rámcového souběhu SRS nastavení časového souběhu časové základny přijímací části s fází rámců přijímaného digitálního signálu, kontrolu jeho dodržení v každém rámci a v případě narušení časového souběhu obnovu informace o správné fázi rámců.

Požadavky na systém rámcového souběhu jsou následující. Synchronkupina by měla zavádět do skupinového digitálního signálu co nejmenší nadbytečnost (redundanci) R ,

$$R = \frac{N_s}{N_{sr}}, \quad (2.4)$$

kde N_s je počet bitů synchronkupiny a

N_{sr} je celkový počet bitů rámce.

Systém rámcového souběhu musí být řešen tak, aby zajišťoval

- co nejkratší dobu nastavení časového souběhu,
- rychlou detekci ztráty časového souběhu,
- dostatečnou odolnost proti falešnému vyhodnocení ztráty časového souběhu, ke kterému by mohlo dojít narušením synchronkupiny při přenosu,
- dostatečnou odolnost proti nastavení časového souběhu na náhodně napodobenou synchronkupinu.

Ke zvýšení odolnosti proti falešnému vyhodnocení ztráty časového souběhu, nebo proti zasynchronování se na náhodnou kódovou kombinaci ve tvaru synchronkupiny, se používá kontrola periodicity výskytu synchronkupiny.

Přijímač SRS má na vstupu *detektor synchronkupiny*, tvořený N_s -místným posuvným registrem, na jehož vstup jsou postupně (sériově) přiváděny symboly přijímaného skupinového digitálního signálu. Výstupy paměťových buněk registru jsou v paralelní formě srovnávány N_s -místným komparátorem se vzorem (určeným složením) synchronkupiny o N_s bitech, který je uložen v paměti detektoru. Posloupnost symbolů $\{x_k\}$ na výstupu komparátoru má hodnotu 1 při výskytech synchronkupiny a hodnotu 0 za nepřítomnosti synchronkupiny v registru.

Při nastavování, resp. obnově časového souběhu se hledá synchronkupina rámcového souběhu v posloupnosti symbolů přijímaného signálu metodou bit po bitu. Detektor synchronkupiny hledá v přijímaném digitálním signálu synchronkupinu sérií navazujících zkoušek. Při každé následující zkoušce je testováno $(N_s - 1)$ bitů z předcházející zkoušky a jeden nový bit. Zkoušky za sebou následují po časových intervalech T_o , odpovídajících době trvání jednoho symbolového místa. Jakmile je indikována skupina dvojkových symbolů shodná s určeným složením synchronkupiny, končí testování bit po bitu a proces přechází do režimu *stopování*, tj. hledání synchronkupiny ve stejné časové pozici v dalším rámci. Nalezená synchronkupina může být totiž pravá nebo napodobená.

Ve výstupní posloupnosti $\{x_k\}$ komparátoru je testována periodicitu opakování se symbolu 1 s periodou o délce N_{sr} symbolů. Systém SRS pracuje tak, že při hledání časového souběhu zaznamená první výskyt symbolu 1 z detektoru, tento považuje za počátek l_0 a proěruje opakovaně m -krát periodicitu výskytu symbolu 1 na místech posloupnosti

$$l_0 + k \cdot N_{sr}, \text{ pro } k = 1, 2, \dots, m. \quad (2.5)$$

Je-li nalezená synchronkupina pravým signálem rámcového souběhu *FAS*, je tento signál postupně indikován v očekávaných časových polohách v následujících rámci a proces přechází postupně do stavů 1, 2 až $m - 1$. Je-li signál rámcového souběhu potvrzen m -krát, proces přejde ze stavu $m - 1$ do stabilního stavu časového souběhu. V případě, že byla přijata napodobená synchronkupina a není v očekávaném místě následujícího rámce nalezena, tj. v případě, že se při $k < m$ naruší periodicitu výskytu symbolů 1 ve výstupním signálu $\{x_k\}$ komparátoru, vrací se proces z kteréhokoliv stavu 1 až $m - 1$ zpět a začíná opět hledání synchronkupiny bit po bitu. Počet kroků m testování závisí na požadované odolnosti proti falešnému zasynchronování.

Po akceptování časového souběhu přechází systém SRS do režimu kontroly časového souběhu. V tomto režimu pokračuje ověřování periodicity výskytu symbolů 1 na výstupu detektoru synchronkupiny na místech

$$l_0 + k \cdot N_{sr} \quad \text{pro } k > m + 1. \quad (2.6)$$

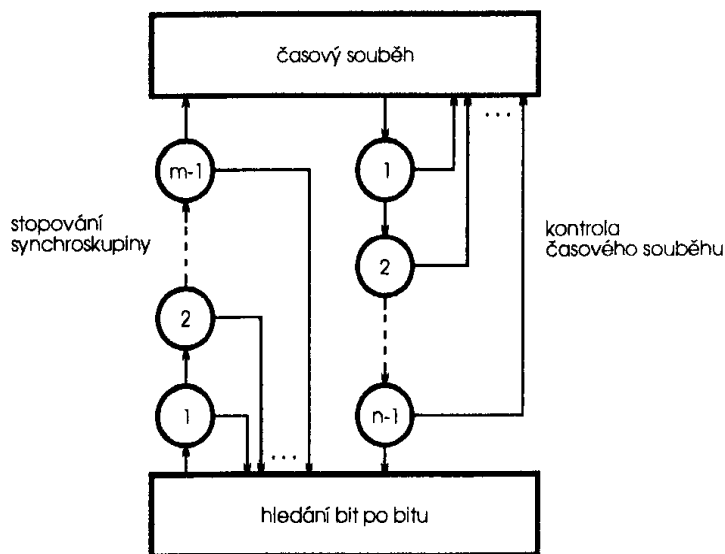
Ve stabilním stavu časového souběhu je v pravidelných časových intervalech na začátcích rámců indikován signál rámcového souběhu *FAS*. Jestliže v očekávané časové poloze není synchronkupina rámcového souběhu indikována v určeném složení, je tato situace vyhodnocena jako nepřítomnost signálu rámcového souběhu symbolem 0 ve výstupním signálu $\{x_k\}$ komparátoru a proces přechází do poplachového stavu 1. V případě poruchy i v dalším rámci proces dále přechází do stavu 2 a postupně až do stavu $n - 1$. Ze všech stavů 1 až $n - 1$ se okamžitě vrátí do stabilního stavu časového souběhu, jakmile v daném rámci přijme na očekávaném místě synchronkupinu rámcového souběhu.

Jde-li o poruchy, které naruší synchronkupiny rámcového souběhu ve více rámcích za sebou, nebo jde-li o rušení, které způsobí rozpad taktování, projde proces postupně přes stavy 1 až $n - 1$ do stavu hledání synchronkupiny metodou hledání bit po bitu.

Při narušení periodicity výskytu synchronkupiny v režimu kontroly je tedy sledován počet za sebou následujících nepřijatých synchronkupin. Nepřijetí n za sebou následujících synchronkupin je vyhodnoceno jako ztráta časového souběhu a systém SRS přechází do stavu hledání bit po bitu. Volbou počtu kroků n se zajišťuje odolnost systému SRS proti falešnému vyhodnocení ztráty časového souběhu při narušení složení synchronkupiny chybami při přenosu signálu. Stavový diagram činnosti přijímače SRS je uveden na obr. 2.3.

Základní blokové uspořádání přijímače SRS je uvedeno na obr. 2.4.

Detektor synchronkupiny, ve kterém se v taktu F_0 přenášeného skupinového signálu vyhodnocuje vždy N_s za sebou následujících symbolů, produkuje na svém výstupu v rytmu taktu F_0 již zmíněnou posloupnost $\{x_k\}$. Symboly 1 v této posloupnosti odpovídají výskytu synchronkupiny. Rámcová časová základna přijímače vytváří posloupnost $\{s_m\}$, sestávající ze symbolů 1 v okamžicích průchodu rámcové časové základny přijímače počátečním stavem, tj. v okamžicích, kdy by se v přijímaném signálu měla vyskytnout synchronkupina. Koincencí posloupností $\{x_k\}$ a $\{s_m\}$ se vytváří posloupnost $\{k_m\}$, která umožňuje kontrolu periodicity výskytu symbolů 1 v posloupnosti $\{x_k\}$ a tím i detekci buď stabilního synchronního



Obr. 2.3 Stavový diagram přijímače SRS

stavu nebo stavu ztráty časového souběhu. Rozhodování podle výše uvedených kritérií provádí analyzátor. Ten také při hledání časového souběhu metodou bit po bitu při výskytu prvního symbolu $x_k = 1$ vynuluje časovou základnu a tím nastaví nový počátek, jehož periodicitu pak projevuje.

Vlastnosti systému SRS se posuzují podle dob, které potřebuje systém ke zjištění ztráty časového souběhu, k obnově časového souběhu a podle doby, po které dojde ke ztrátě časového souběhu vlivem rušení v přenosové cestě.

Značí-li BER pravděpodobnost chybného přenosu bitu, pak se může odolnost systému SRS vůči rušení vyjádřit střední dobou $T_{v,s}$ mezi dvěma výpadky systému z časového souběhu. Za zjednodušujících předpokladů můžeme tuto dobu vyjádřit vztahem [2]

$$T_{v,s} = T_r \cdot (N_s \cdot BER)^{-n} \quad (2.7)$$

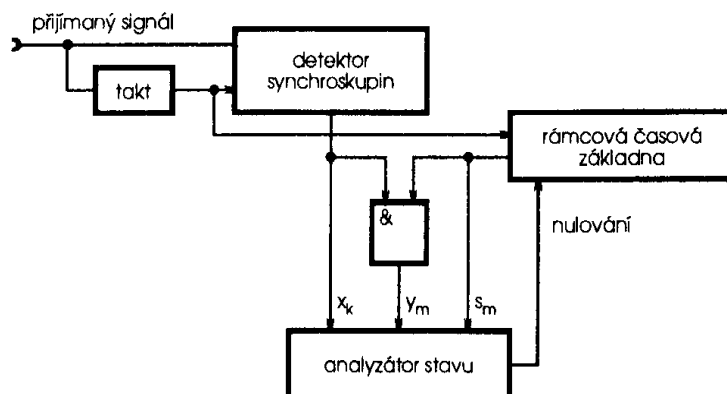
kde T_r je doba trvání rámce,

N_s je délka (počet bitů) synchronskupiny,

BER je pravděpodobnost chybného přenosu bitu (bitová chybovost),

n je počet za sebou následujících chybných synchronskupin, nutný

k přechodu do stavu ztráty časového souběhu a hledání



Obr. 2.4 Blokové schéma přijímače SRS

synchronskupiny bit po bitu.

Rychlost nastavení časového souběhu po zapnutí nebo jeho obnovy po výpadku systému z časového souběhu se vyjadřuje střední dobou T_{ns} , nastavení časového souběhu

$$T_{ns} = T_r \cdot (1 + N_s \cdot BER)^{-n} \cdot \left[1 + m + \frac{N_{sr}}{2^{N_s} + 1} \right] \quad (2.8)$$

Doba, kterou potřebuje systém SRS ke zjištění skutečné ztráty časového souběhu, je v podstatě ovlivněna zpožděním vyhodnocení z důvodu ochrany proti rušení. Střední doba zjištění ztráty T_{zs} , časového souběhu je dána vztahem

$$T_{zs} = T_r \cdot \left[n - 1 + (1 - 2^{-N_s})^{-n} \right] \quad (2.9)$$

Podle doporučení CCITT G.736 je ztráta časového souběhu akceptována při hodnotě $n = 3$ až 4 a nalezení časového souběhu je akceptováno při hodnotě $m = 2$.

Uspořádání rámce digitálního signálu 1. řádu s přenosovou rychlostí 2048 kbit/s je uvedeno na obr. 2.2, resp. obr. 2.5. Rámec o době trvání $T_r = 125 \mu\text{s}$ je rozdělen do třicetidvou osmibitových časových intervalů, označovaných jako kanálové intervaly KI 0 až KI 31. Rámec má celkem $N_{sr} = 32 \cdot 8 = 256$ bitů.

Podle doporučení CCITT G.704 má synchronskupina v digitálním signálu 2048 kbit/s délku $N_s = 7$ bitů ve složení 0011011. Je umístěna v ča-

| symbolové místo č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KI 0 se synchronskupinou | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| KI 0 bez synchronskupiny | X | 1 | A | N | N | N | N | N |

Tab. 2.1 Uspořádání časového intervalu KI 0

- X* — symbolové místo, vyhrazené pro kontrolní systém CRC-4 podle doporučení CCITT G.704,
A — symbolové místo, vyhrazené pro poplachový signál ztráty rámcového souběhu,
N — symbolová místa vyhrazená pro národní použití podle rozhodnutí provozovatele sítě

sovém intervalu KI 0 každého druhého rámce. V mezilehlých rámcích se naopak nesmí vyskytovat. Uspořádání časového intervalu KI 0 je uvedeno v tab. 2.1.

Symbolové místo č. 1, označené jako *X*, kanálového intervalu KI 0 je vyhrazeno doporučením CCITT G.704 pro systém hlídání bezchybového přenosu všech symbolů rámce, označovaný jako kontrolní systém CRC-4 (*Cyclic Redundancy Check*), viz dále kap. 2.3.

V rámcích bez synchronskupiny rámcového souběhu bit 1 na druhém symbolovém místě intervalu KI 0 zabezpečuje ochranu proti napodobení synchronskupiny, tj. nese informaci, že za ním v KI 0 následují bity s jiným významem a ne synchronskupina.

Třetí symbolové místo *A* (*Alarm*) kanálového intervalu KI 0 bez synchronskupiny je vyhrazeno pro signál naléhavého poplachu ztráty rámcového souběhu, přenášeného z přijímací strany na vysílací. Hodnota $A = 1$ značí ztrátu rámcového souběhu na přijímací straně, symbol $A = 0$ vyjadřuje stabilní stav rámcového souběhu.

Symbolová místa *N* jsou vyhrazena pro národní využití. Mohou být použita provozovatelem přenosové sítě např. k signalizaci nenaléhavého poplachu údržbě, nebo obecně ke zřízení datových kanálů s přenosovou kapacitou 4 kbit/s v koncovém provozu pro služební účely dohledu a řízení přenosových cest. V digitální cestě, která překračuje státní hranice, musí být na těchto místech vysílán symbol 1.

u nichž je třeba zachovat vzájemný poměr. Takovou odporovou síť lze realizovat v integrované formě.

2.5 Poruchové stavy a následná činnost

Podle doporučení CCITT G.732 jsou v koncovém multiplexním zařízení sledovány některé závažné poruchové stavy a na jejich základě generovány poplachové signály, nebo jsou prováděna další opatření.

V multiplexních zařízeních jsou sledovány následující poruchové stavy:

- porucha zdroje a napájecích obvodů,
- porucha event. společného vícenásobně využívaného kodeku,
- ztráta signálu na rozhraní 64 kbit/s pro signalizační časový interval KI 16,
- ztráta příchozího digitálního signálu 2 048 kbit/s,
- ztráta rámcového souběhu,
- vzrůst chybovosti, sledované v signálu rámcového souběhu *FAS* nad mezní hodnotu.

Porucha kodeku je detekována, je-li alespoň pro jednu úroveň signálu v rozsahu od -21 dBm0 do -6 dBm0 odstup kvantizačního zkreslení místního kodeku o více než 18 dB pod mezní hodnotou podle doporučení CCITT G.712.

Ztráta signálu *LOS* (*Loss of Signal*) signálů 64 kbit/s nebo 2 048 kbit/s je detekována, je-li zaznamenána absence signálu na 255 sousedních impulsních místech, počínaje posledním přijatým impulsem.

Za ukončení poruchového stavu *LOS* je považována detekce impulsů s hustotou alespoň 12,5% v periodě 255 sousedních impulsních míst, počínaje přijetím impulsu.

Mezní četnost chyb, jejíž překročení znamená poruchový stav, je 10^{-3} . Pravděpodobnost aktivace poplachového stavu při překročení této meze musí být větší než 0,95 a aktivace poplachového stavu při četnosti chyb menší než $< 10^{-4}$ musí být velmi malá, menší než 10^{-6} .

Zrušení poplachového stavu musí nastat při poklesu četnosti chyb pod 10^{-4} a to s pravděpodobností 0,95. K aktivaci a deaktivaci indikace poruchového stavu musí dojít během několika málo sekund (4 až 5 sekund) po vzniku poruchového stavu.

Vznik poruchových stavů vyvolává některé následné akce, prováděné koncovým zařízením muldexu. Jejich přehled je uveden v tab. 2.8.

Služební poplach znamená, že PCM muldex není nadále schopen činnosti. Poplach musí být urychleně předán spojovacímu zařízení nebo signalizačnímu multiplexoru. Měl by být indikován do 2 ms po zjištění příslušného poruchového stavu.

Naléhavý poplach údržby znamená, že parametry zařízení nejsou standardní a je třeba zásahu údržby. V případě vyhodnocení příjmu signálu *AIS* je potlačen naléhavý poplach, vyvolaný ztrátou rámcového souběhu a překročením meze chybovosti.

Signál *AIS* (*Alarm Indication Signal*) je signál vysílaný zařízením místo normálního provozního signálu v případě, že byla v zařízení aktivována indikace poplachu údržby. Signál *AIS* sestává z posloupnosti trvale vysílaných symbolů 1. Informuje údržbu spolupracujících zařízení, že sice došlo k poruše, ale ne na jimi udržovaném zařízení. Tím signál *AIS* zabráňuje nevhodnému zásahu údržby.

Detekování signálu *AIS* musí být zajištěno i při četnosti chyb 10^{-3} . Jako signál *AIS* je v toku 2 048 kbit/s považován příchozí signál, který obsahuje méně než 3 nuly v každé ze dvou sousedních period dvojic rámců (dvojice rámců má 512 bitů). Ukončení detekce signálu *AIS* je zaznamenáno, jsou-li v příchozím signálu 3 a více nul v každé ze dvou sousedních period dvojic rámců, nebo při detekci synchronkupiny.

Signalizace poplachového stavu vzdálenému koncovému zařízení je zajištěna změnou hodnoty 0 na hodnotu 1 bitu *A* na symbolovém místě č. 3 v časovém intervalu KI 0 rámce bez synchronkupiny.

Vysílání signálu *AIS* multiplexním zařízením PCM se provádí:

- ve výstupním signálu 64 kbit/s signalizačního intervalu KI 16 a má být vysílán vzápětí po registraci poruchového stavu, nejpozději do 2 ms;
- ve výstupním skupinovém signálu 2 048 kbit/s v časovém intervalu KI 16 (je-li prováděn dohled nad vstupním signálem 64 kbit/s pro časový interval KI 16).

Signál *AIS* v toku 64 kbit/s signalizačního intervalu KI 16 je rozeznán, jsou-li v příchozím signálu méně než 4 nuly v každé ze dvou sousedních period signalizačního multirámce. Ukončení signálu *AIS* je akceptováno při čtyřech a více nulách v každé ze sousedních period signalizačních multirámců, nebo byl-li nalezen signál multirámcového souběhu.

1. PŘEDNÁŠKA
32 KPZ - KONSTRUKCE PŘENOSOVÝCH ZAŘÍZENÍ

| část zařízení | poruchový stav | generování služeb. poplachu | generování naléhav. poplachu údržby | vysílání poplachu na vzdálený konec | potlač. přenosu analog. výstupu | AIS na výstupu 64 kbit/s z KI16 | AIS v KI16 v signálu 2048 kbit/s |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| multiplexor a demultiplexor | porucha napájení | ano | ano | ano* | ano* | ano* | ano* |
| | porucha kodeku | ano | ano | ano | ano | | |
| samotný multiplexor | ztráta příchoz. signálu 64 kbit/s | | ano | | | | ano |
| | ztráta příchoz. signálu 2048 kbit/s | ano | ano | ano | ano | ano | |
| samotný demultiplexor | ztráta rámcového souběhu | ano | ano | ano | ano | ano | |
| | vzrůst chybovosti v signálu FAS | ano | ano | ano | ano | ano | |
| | poplach. indikace ze vzdál. konce bit 3 v KI 0 | ano | | | | | |

* je-li to proveditelné

Tab. 2.8 Přehled aktivace poplachů

upraví na 8 kHz a digitální kompresí se převede do standardizovaného nelineárního osmibitového PCM signálu 64 kbit/s.

Signalizace je za rozhraním signalizace zpracována a muldexována v přenašeči, který se skládá z **přijímacího spínače PS** na vysílací straně a **vysílacího spínače VS** na přijímací straně, které jsou připojeny na sériovou signalizační sběrnici přijímací a vysílací. Signalizace je zpracovávána v **centrálním multiplexoru signalizace CMS**, který pracuje s paralelními daty, proto musí být doplněn **převodníky ze sériového kódu na paralelní S/P a z paralelního na sériový P/S**, neboť pro multiplexaci **multiplexorem MUX** do 16. KI (demultiplexaci **demultiplexorem DMX** z 16. KI) je opět třeba sériový tvar signalizace.

PCM signály 64 kbit/s jsou přivedeny na vysílací sériovou PCM sběrnici, na kterou je připojen MUX, který sdružuje digitální signály jednotlivých telefonních kanálů, signalizační signál SIGN-V (16. KI), synchronizační a služební signál (0. KI). V přijímacím směru naopak DMX tyto signály vyděluje pro jejich další zpracování - digitální signály jednotlivých telefonních kanálů jsou přivedeny na přijímací sériovou PCM sběrnici, ke které jsou připojeny DK, přijatá signalizace SIGN-P je zavedena do CMS, signál z 0. KI je veden do **dohledové sady DS**.

Na vysílací straně je z MUX veden signál do **vysílacích obvodů VO**, které upraví signál v unipolárním kódu do tvaru dle požadavků doporučení ITU-T G.703 – kód HDB3. Dále může být signál z MUX zpracován obvody CRC, které ovládají bit X v 0. KI. **Vysílací časová základna ČZV**, která řídí jednotlivé kanálové KD může být řízena buďto vnitřním **zdrojem taktu ZG**, nebo příchozím signálem, případně může využívat vnější synchronizaci.

Na přijímací straně je vstupní signál v kódu HDB3 upraven v **přijímacích obvodech PO** na unipolární signál, veden do **taktovacích obvodů TO**, kde je z něho vydělen takt, který řídí **přijímací časovou základnu ČZP**, případně i ČZV, dále je tento signál veden do obvodu **systemu rámcové synchronizace SRS** (a obvodu CRC), který také řídí ČZP - stav synchronizace je sledován **dohledovým systémem DS**. V neposlední řadě je unipolární signál veden do demultiplexoru DMX.

LITERATURA:

[1] Škop M. a kol.: Digitální telekomunikační technika II. díl – Digitální multiplexní zařízení, TTC Marconi, Praha 1996