

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

NÁVRH LABORATORNÍ SESTAVY SYNCHRONNÍ DIGITÁLNÍ  
HIERARCHIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN HANZAL

BRNO 2011



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**  
**ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION**  
**DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS**

# **NÁVRH LABORATORNÍ SESTAVY SYNCHRONNÍ DIGITÁLNÍ HIERARCHIE**

**DESIGN OF LABORATORY SET "SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY"**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JAN HANZAL**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. VLADISLAV ŠKORPIL, CSc.**

**BRNO 2011**



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav telekomunikací**

# **Bakalářská práce**

bakalářský studijní obor  
**Teleinformatika**

**Student:** Jan Hanzal

**ID:** 115177

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2010/2011

## **NÁZEV TÉMATU:**

**Návrh laboratorní sestavy Synchronní digitální hierarchie**

## **POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Seznamte se s problematikou Synchronní digitální hierarchie (SDH). Obecné znalosti uplatněte u zařízení SDH firmy Marconi, které je nově k dispozici v Laboratoři komunikačních systémů. Podrobně se také seznamte se zařízeními prvního řádu PCM podle doporučení ITU-T G.703 PCM 30U a PCM 30U-OCH v laboratorním cvičení a vytvořte nejméně dvě nové laboratorní úlohy na využití zařízení SDH Marconi v laboratorním cvičení ve spolupráci se systémy E1. Připravte zadání úloh a vzorové protokoly. Vytvořte manuál zařízení SDH, který bude co nejstručnější a bude přitom obsahovat údaje nutné pro provozování zařízení v laboratoři. Návodů budou využity v předmětu Vysokorychlostní komunikační systémy.

## **DOPORUČENÁ LITERATURA:**

- [1] TTC Marconi. Manuál k PCM30U-OCH. TTC, Praha 2006.
- [2] PUŽMANOVÁ, R. Moderní komunikační sítě A-Z. Computer Press, Brno 2007.
- [3] ŠKORPIL, V. Digitální komunikační technologie. UTKO, Brno 2002.

**Termín zadání:** 7.2.2011

**Termín odevzdání:** 2.6.2011

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

**prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.**  
*Předseda oborové rady*

## **UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce bylo seznámení s problematikou pulzně kódové modulace a synchronní digitální hierarchie. Načerpané znalosti uplatnit v praxi na zařízení PCM30U a zařízeních SDH firmy Marconi, které jsou v laboratoři nově. Praktická část práce sestává z praktického zapojení obou zařízení do funkčního celku. Systém PCM30U použít jako vstupní jednotku do SDH okruhu. Funkčnost zapojení ověřit.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

PCM30U, SDH, Marconi, PCM, TDM

## **ABSTRACT**

The aim of my project was introduction with pulse code modulation and synchronous digital hierarchy. Obtained knowledge used with PCM30U device and Marconi's SDH device. These devices are currently new in our lab. Practical part consists of connect devices in to functional state. System PCM30U is using as the input unit of SDH ring. Functionality of connection verify.

## **KEYWORDS**

PCM30U, SDH, Marconi, PCM, TDM

HANZAL, Jan *Návrh laboratorní sestavy Synchronní digitální hierarchie*: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2011. 56 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Vladislav Škorpil, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Návrh laboratorní sestavy Synchronní digitální hierarchie“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladislavu Škorpilovi, CSc., za rady při zpracovávání této bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Michalu Polívkovi, za pomoc se zařízením PCM30U TTC.

.....  
Jan Hanzal

# OBSAH

<b>Úvod</b>	<b>13</b>
<b>1 PCM</b>	<b>14</b>
1.1 Vzorkování . . . . .	14
1.2 Kvantování . . . . .	15
1.3 Kódování . . . . .	15
1.4 Literatura . . . . .	16
<b>2 PCM30/32 – E1</b>	<b>17</b>
2.1 Rámec E1 . . . . .	17
<b>3 Systémy vyšších řádů (PDH, SDH)</b>	<b>18</b>
3.1 PDH . . . . .	18
3.1.1 Vytváření PDH . . . . .	19
3.1.2 Stuffing . . . . .	20
3.2 SDH . . . . .	21
3.2.1 Hierarchie SDH . . . . .	22
3.2.2 Začlenění PDH do SDH . . . . .	23
3.3 Literatura . . . . .	24
<b>4 Systém PCM30U – TTC</b>	<b>25</b>
4.1 Popis zařízení . . . . .	25
4.2 Řízení systému . . . . .	26
4.3 Centrální jednotka CJAB . . . . .	26
4.4 Napáječ NP107 . . . . .	27
4.5 Jednotka rozhraní JRO . . . . .	27
4.6 Jednotka RJ1 . . . . .	28
4.7 Kanálové jednotky KJ . . . . .	28
4.8 Literatura . . . . .	28
<b>5 Síťový analyzátor VePAL TX300</b>	<b>29</b>
5.1 Klíčové funkce . . . . .	29
5.2 Rozhraní . . . . .	30
5.3 Literatura . . . . .	30
<b>6 SDH zařízení MSH11CP Marconi</b>	<b>31</b>
6.1 Možnosti konfigurace . . . . .	31
6.2 Části zařízení . . . . .	32

6.3	Funkce cross-connect . . . . .	32
<b>7</b>	<b>Praktické zapojení PCM30U</b>	<b>33</b>
7.1	Fyzické zapojení . . . . .	33
7.2	Softwarové nastavení . . . . .	34
7.2.1	Konfigurace . . . . .	34
7.2.2	Propojení E1 . . . . .	35
7.2.3	Crossconnect 64 kb/s . . . . .	36
<b>8</b>	<b>Ověření E1 kanálového intervalu</b>	<b>38</b>
8.1	Fyzické zapojení měření . . . . .	38
8.2	Nastavení analyzátoru . . . . .	38
8.2.1	Mód . . . . .	38
8.2.2	Automatická konfigurace analyzátoru . . . . .	39
8.2.3	Zachytávání E1 rámce . . . . .	40
<b>9</b>	<b>Protokol č. 1</b>	<b>42</b>
	Zadání úlohy . . . . .	42
	Vypracování . . . . .	42
	Vyhodnocení . . . . .	43
<b>10</b>	<b>Zákl. SW nastavení SDH multiplexorů</b>	<b>44</b>
10.1	Management připojení . . . . .	44
10.2	Obnovení do továrního nastavení . . . . .	44
10.3	Základní nastavení uzlů . . . . .	45
<b>11</b>	<b>Připojení PCM30U k SDH Multiplexorům</b>	<b>47</b>
11.1	Fyzické zapojení . . . . .	47
11.2	Softwarové nastavení . . . . .	48
11.2.1	Popis základní obrazovky . . . . .	48
11.2.2	Přiřazení portů . . . . .	49
11.2.3	Cross – Connect . . . . .	49
<b>12</b>	<b>Protokol č. 2</b>	<b>52</b>
	Zadání úlohy . . . . .	52
	Vypracování . . . . .	52
	Vyhodnocení . . . . .	53
<b>13</b>	<b>Závěr</b>	<b>54</b>
	<b>Literatura</b>	<b>55</b>





# SEZNAM OBRÁZKŮ

1	Obecný telekomunikační řetězec . . . . .	13
1.1	Pulzně kódová modulace . . . . .	14
1.2	Vzorkovací obvod . . . . .	15
1.3	Kvantování . . . . .	16
2.1	Rámec PCM30 . . . . .	17
3.1	Časově dělený multiplex . . . . .	18
3.2	Multiplexace PCM 2. řádu . . . . .	19
3.3	Hierarchie začleňování PDH . . . . .	20
3.4	Stuffing . . . . .	21
3.5	Umístění stuffingových bitů v rámci PCM30 . . . . .	21
3.6	Stupeň STM-1 . . . . .	22
3.7	Začleňování PDH 3. řádu do SDH . . . . .	23
3.8	Začlenění PDH 1. řádu do SDH . . . . .	24
4.1	Systém PCM30U v laboratoři . . . . .	25
4.2	Rozvržení jednotek v systému . . . . .	26
4.3	Jednotka CJAB . . . . .	27
4.4	Jednotka NP107 . . . . .	27
4.5	Jednotka JRO . . . . .	28
4.6	Jednotka RJ1 . . . . .	28
5.1	VePAL TX300 . . . . .	29
5.2	VePAL TX300 porty . . . . .	30
6.1	MSH11CP Marconi v laboratoři . . . . .	31
7.1	Zapojení „horká linka“ . . . . .	33
7.2	Konektor RJ-45 . . . . .	34
7.3	Dialog bloku PCM30U . . . . .	35
7.4	Propojení E1 . . . . .	36
7.5	Crossconnect 64 kb/s . . . . .	37
8.1	Připojení k VePAL TX 300 . . . . .	38
8.2	Volba módu měření . . . . .	39
8.3	Základní obrazovka . . . . .	39
8.4	Auto-config . . . . .	40
8.5	Základní obrazovka 2 . . . . .	40
8.6	PDH Tools . . . . .	41
8.7	Zachytávání rámce E1 . . . . .	41
10.1	Nastavení sériové linky . . . . .	44
10.2	Database Clear . . . . .	45
10.3	Tovární nastavení . . . . .	45

10.4 NE Type . . . . .	46
10.5 Inicializace karet . . . . .	46
11.1 Připojení PCM30U k SDH uzlům . . . . .	47
11.2 Základní obrazovka . . . . .	48
11.3 Rozhraní – Configuration . . . . .	49
11.4 Port . . . . .	50
11.5 cross-connect konfigurace . . . . .	51
11.6 cross-connect . . . . .	51

# SEZNAM TABULEK

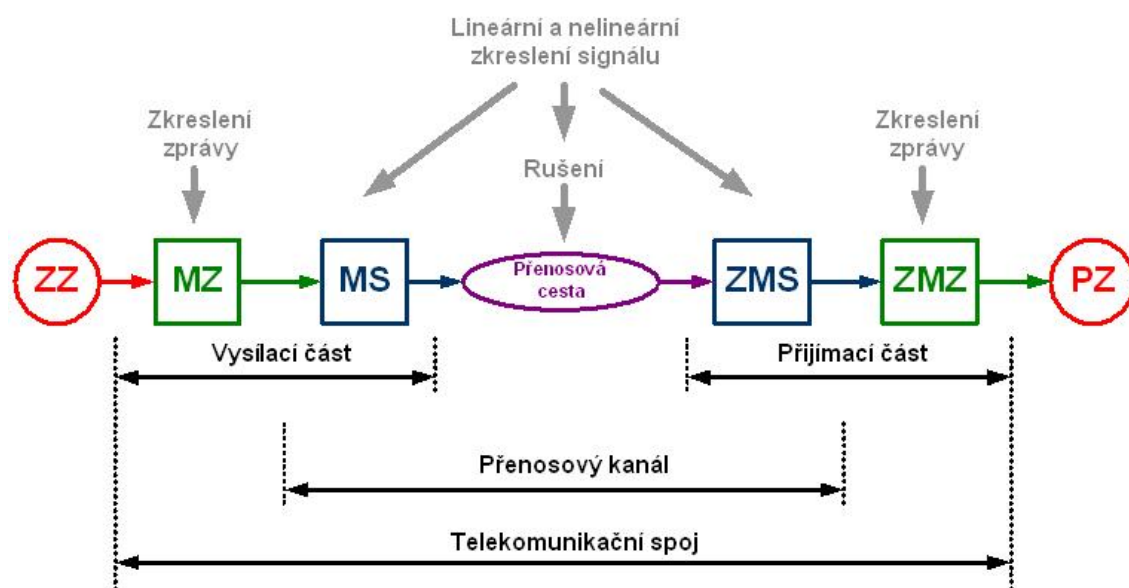
1.1	Kompresní charakteristika typu A . . . . .	16
3.1	Začleňování PDH podle evropské normy . . . . .	19
3.2	Začleňování SDH . . . . .	23
11.1	Propojení pinů E1 $\leftrightarrow$ SDH . . . . .	48

# ÚVOD

Telekomunikační sítě přestoupily od používání analogových signálů na přenosových cestách k digitálním signálům. Analogové sítě nedokážou zajistit více služeb najednou, což je v přímém rozporu s požadavky zákazníků. Digitální sítě umožňují vysokou míru integrace služeb. Toho je dosaženo použitím jednotné modulace pro všechny služby. Digitální signál je méně náchylný na rušení.

V první části mé práce jsem se seznámil s digitalizací analogového hlasového signálu pomocí pulzně kódové modulace. Přenosem signálů pomocí časového multiplexu v systému PCM30. Seznámil jsem se se zařízeními PCM30U a vytvořil spojení mezi čtyřmi účastníky pomocí crossconnectu. Dále jsem vytvořil horkou linku mezi dvěma účastníky přes metalické rozhraní E1. Těmto procesům odpovídá v obecném telekomunikačním řetězci blok MS (měnič signálu). Měníč zprávy je v mé úloze mikrofon.

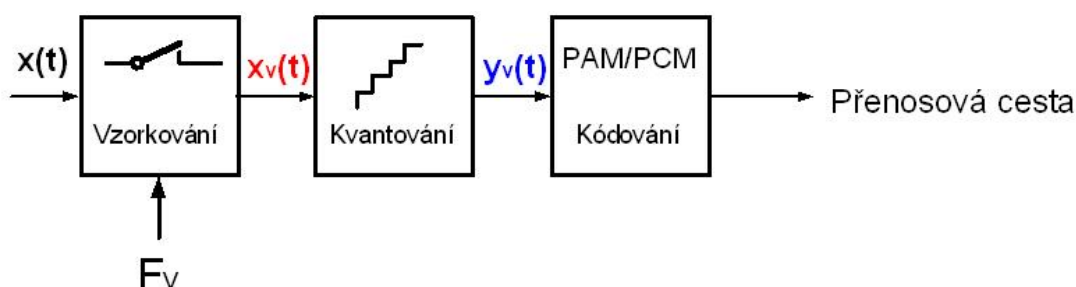
V části SDH jsem se seznámil se Synchronní digitální hierarchií. Vytvářením hierarchických stupňů SDH, začleňováním příspěvkových signálů. Seznámil jsem se se zařízeními MSH11CP Marconi a vytvořil SDH spojení mezi nimi. Následně propojil zařízení PCM30U a MSH11CP. Výsledkem je digitalizovaný analogový hovor, začleněný do E1 a následně pomocí SDH multiplexoru vložený do STM-1.



Obr. 1: Obecný telekomunikační řetězec

# 1 PCM

Digitalizaci analogového signálu provádíme z důvodu odolnosti proti rušení na přenosové cestě, zesílení se zachováním odstupe signálu od šumu. Pulsně kódová modulace je metoda pro zpracování analogového signálu do digitální podoby. Metodu vymyslel britský vědec Alec Harley Reeves v roce 1938. Její rozmach (komerční využití) je spojován s vynálezem tranzistoru v padesátých letech 20. století. V této době nastal velký rozmach digitálních systémů. PCM se skládá z 3 základních kroků: vzorkování, kvantování, kódování.



Obr. 1.1: Pulsně kódová modulace

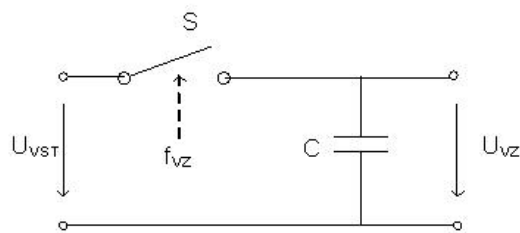
## 1.1 Vzorkování

Provádí výběr okamžité hodnoty signálu určitou frekvencí. Minimální vzorkovací frekvence je dána Nyquist - Shannon vzorkovacím teorémem [3]:

$$2 \cdot f_m \leq f_{vz} \quad (1.1)$$

Vzorkovací kmitočet musí být minimálně dvojnásobný než maximální kmitočet vzorkovaného signálu. Před vlastním vzorkováním je nutné zabezpečit, aby vzorkovaný signál neměl frekvenci větší než  $f_{vz}/2$ . Toto se provádí filtrem dolní propust. Tímto se zabrání vlivu vyšších kmitočetů na proces vzorkování, vzniku antialiasingového efektu.

Pro použití v telefonní síti, kde je stanovena šířka pásma kanálu na 3,1 kHz (300 Hz – 3400 Hz), se používá vzorkovací frekvence 8 kHz. Vzorkovací obvod využívající metodu „sample and hold“ se skládá ze spínače řízeného frekvenčním generátorem, kondenzátorem. Frekvenční generátor generuje obdélníkové pulzy o dané frekvenci (minimálně však o Nyquistově). Kondenzátor zabezpečuje krátkodobou hysterezi.



Obr. 1.2: Vzorkovací obvod

## 1.2 Kvantování

Přiřazuje „zaokrouhluje“ okamžité hodnoty k nejbližší možné pevně dané hodnotě. Počet kvantizačních hladin je předem nastaven podle druhu aplikace, pro kterou je výsledný digitální signál určen. Čím vyšší počet kvantizačních hladin, tím je digitální signál méně zkreslen, ale datová náročnost je vyšší. Kvantovaný signál nikdy nebude přesný jako vstupní signál → vzniká kvantizační šum. Odstup signálu od šumu je popsána vztahem [2]:

$$S_{N/S} = 20 \cdot \log 2^N (\text{dB}), \quad (1.2)$$

kde  $N$  je počet kvantizačních úrovní.

Analogově-digitální převod bez kvantizačního zkreslení je v reálných podmínkách nemožné provést. Zvolený počet hladin je proto kompromis mezi věrností kvantovaného signálu a datovou náročností.

Příklad pro 8 kvantizačních hladin. Počet bitů  $N$  potřebných kvantování:  $8 = 2^N \Rightarrow N = 3$

## 1.3 Kódování

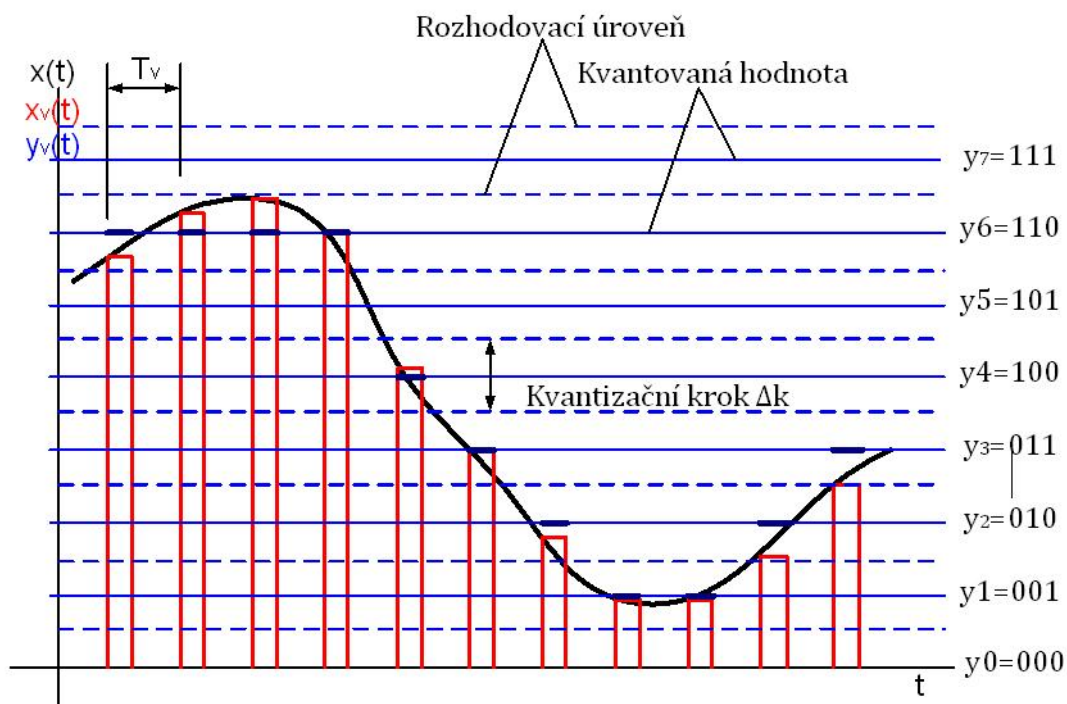
Je proces přeměny hodnoty kvantizačních úrovní do binární podoby. Pro telefonní signály se podle doporučení ITU G.711 používá lineární kvantování se 4096 kvantizačními hladinami  $\Rightarrow$  12bitová informace. Toto se pomocí kompresní charakteristiky typu A-law kóduje do 8 bitového slova, vznikne 256 úrovní. Komprese je bezztrátová.

Přenosová rychlost digitálního telefonního kanálu [2] v systému PCM (A-law) je tedy

$$v_p = N \cdot f_{vz} = 8 \cdot 8000 = 64 \text{ kb/s}. \quad (1.3)$$

Doba trvání rámce

$$T_{KI} = 1/f_{vz} = 1/8000 = 125 \mu\text{s}. \quad (1.4)$$



Obr. 1.3: Kvantování

Tab. 1.1: Kompresní charakteristika typu A

	Vzorkovaný signál	algoritmus	komprimovaný signál	úsek
1	zxxxxxxxxyyyy	z0000000yyyy	z000yyyy	1
2	zxxxxxxxxyyyy	z0000001yyyy	z001yyyy	1
3	zxxxxxxxxyyyy?	z000001yyyy?	z010yyyy	2
4	zxxxxxyyyy??	z00001yyyy??	z011yyyy	3
5	zxxxxyyyy???	z0001yyyy???	z100yyyy	4
6	zxxxyyyy????	z001yyyy????	z101yyyy	5
7	zxxyyyy?????	z01yyyy?????	z110yyyy	6
8	zxyyyyy?????	z1yyyy?????	z111yyyy	7

## 1.4 Literatura

Informace pro kapitolu 1 jsem čerpal z literatury [3], [4], [5].

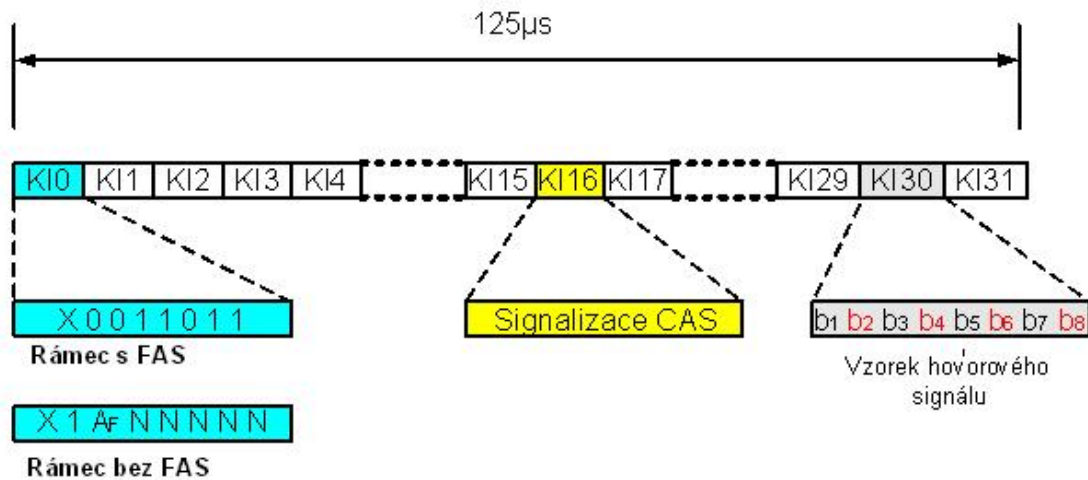


## 2 PCM30/32 – E1

### 2.1 Rámec E1

Systém PCM30 je používán v evropské telekomunikační infrastruktuře. Popisuje digitální zpracování analogových telefonních signálů a jejich začlenění do časového multiplexu. Podle normy ITU G.704 se 30 telefonních kanálů + 2 služební kanály multiplexují do rámce. Používá se časové multiplexování. Služební kanály jsou na 0. a 16. místě. 1. kanál je určen pro synchronizaci, v 16. kanálu se přenáší signalizace - systém CAS. Rychlost PCM30 odpovídá 2 Mb/s [2].

$$v_{\text{PCM30}} = N \cdot f_{\text{vz}} \cdot 32 = 8 \cdot 8000 \cdot 32 = 2048 \text{ kb/s} \doteq 2 \text{ Mb/s}. \quad (2.1)$$



Obr. 2.1: Rámec PCM30

Přenos na fyzické vrstvě je asynchronní, z toho plyne nutnost zavedení synchronizačních rámců. Od 0. KI se odpočítává 8 bitů. Synchronizační rámce přenášejí 2 druhy informací v závislosti na tom, jestli jsou vysílány se sudým nebo lichým PCM30 rámcem.

Sudé rámce (počítáno od nuly) nesou synchroskupinu rámcového souběhu (FAS), zajišťují rozpoznání začátku rámce. Bit X může nést zabezpečovací informaci. Liché rámce bez rámcového souběhu (bez FAS), zajišťují opět rozpoznání začátku rámce, bit X může nést zabezpečující informaci, bit AF indikuje „poplach ztráta rámce“, bity N jsou určeny k národním účelům.

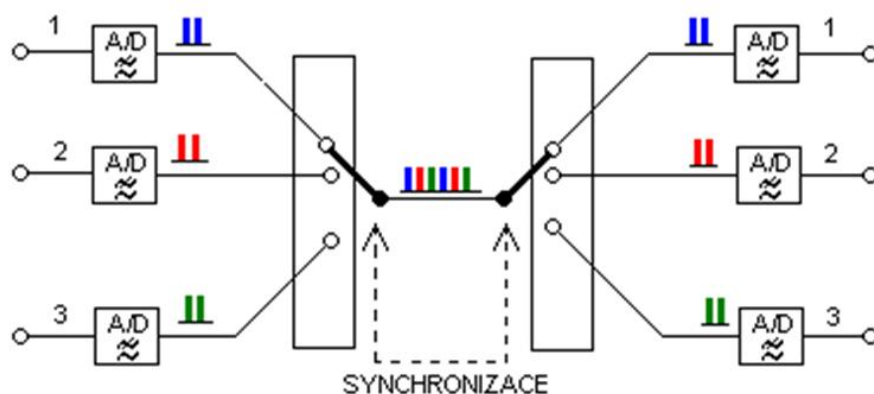
Signalizace CAS slouží k přenosu provozních informací a řídicích signálů po hovorovém kanále. Účelem je sestavování, udržování, rušení spojení. PCM30 rámce se sdružují do multirámce za účelem přenosu CAS signalizace. Doba trvání multirámce je  $t_m = 16 \cdot 125 \mu\text{s} = 2 \text{ ms}$  [2].

### 3 SYSTÉMY VYŠŠÍCH ŘÁDŮ (PDH, SDH)

Obecně je potřeba sdružovat více signálů do jednoho systému, který lze přenést přenosovými cestami. Toto sdružení má za následek navýšení přenosových rychlostí. Tato navýšení je nutné správně zpracovat (především synchronizovat) a přenášet vhodným prostředím. Pro přenášení ve vysokých rychlostech je v současné době nejefektivnější optické vlákno. Typy multiplexů:

- časově dělený multiplex (TDM)
- frekvenčně dělený multiplex (FDM)
- kódově dělený multiplex (CMD)
- vlnově dělený multiplex (WDM)

Systém PCM30 používá časové multiplexování stejně jako vyšší systémy. Princip časového dělení je založen na pevně stanoveném časovém intervalu mezi příspěvkovými vzorky. Na tento časový interval se synchronizuje přijímač (demultiplexor).

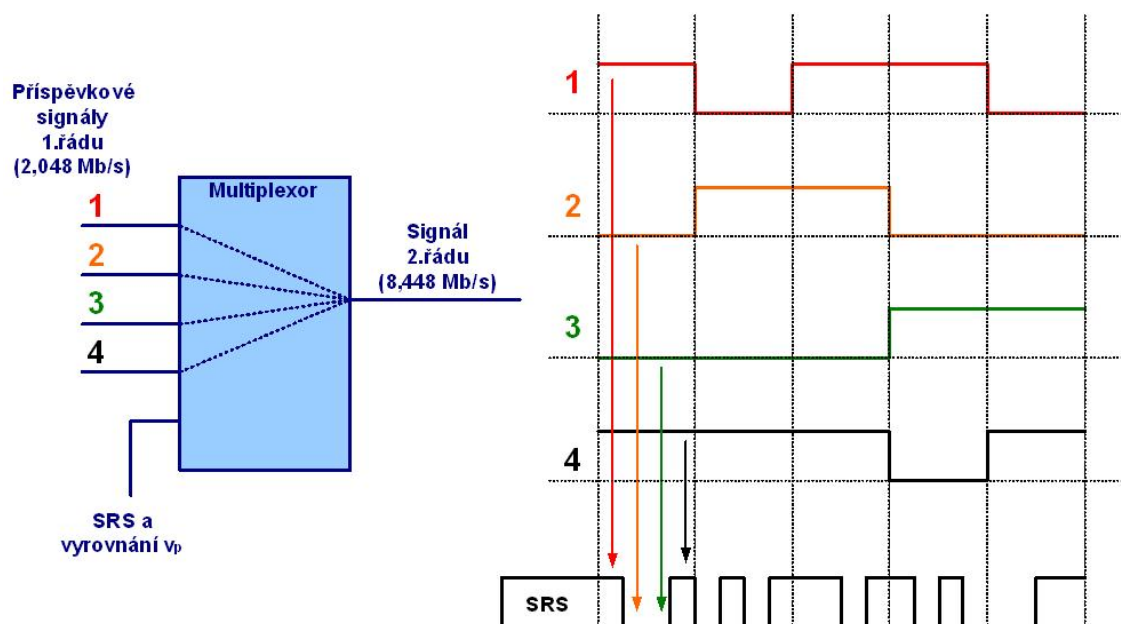


Obr. 3.1: Časově dělený multiplex

#### 3.1 PDH

Plesiochronní digitální hierarchie slouží k přenosu více kanálů, než umožňuje PCM30. Plesiochronní, z řeckého slova plēsios (v blízkosti) a chromos (čas), znamená, že multiplexované signály nemají, vůči vyššímu signálu, určený pevný vztah. V signálu vyššího řádu je vyčleněna určitá rezerva pro odchylky přenosových rychlostí. Nepočítá se s přesným časovým souběhem multiplexovaných signálů ale s diferencí v předepsaných mezích.

K signálům nižších řádů se dostaneme postupným demultiplexováním. Při demultiplexování různých hierarchických úrovní může dojít k poškození užitečného signálu. Vzhledem k povaze PDH se jedná hlavně o časové skluzu.



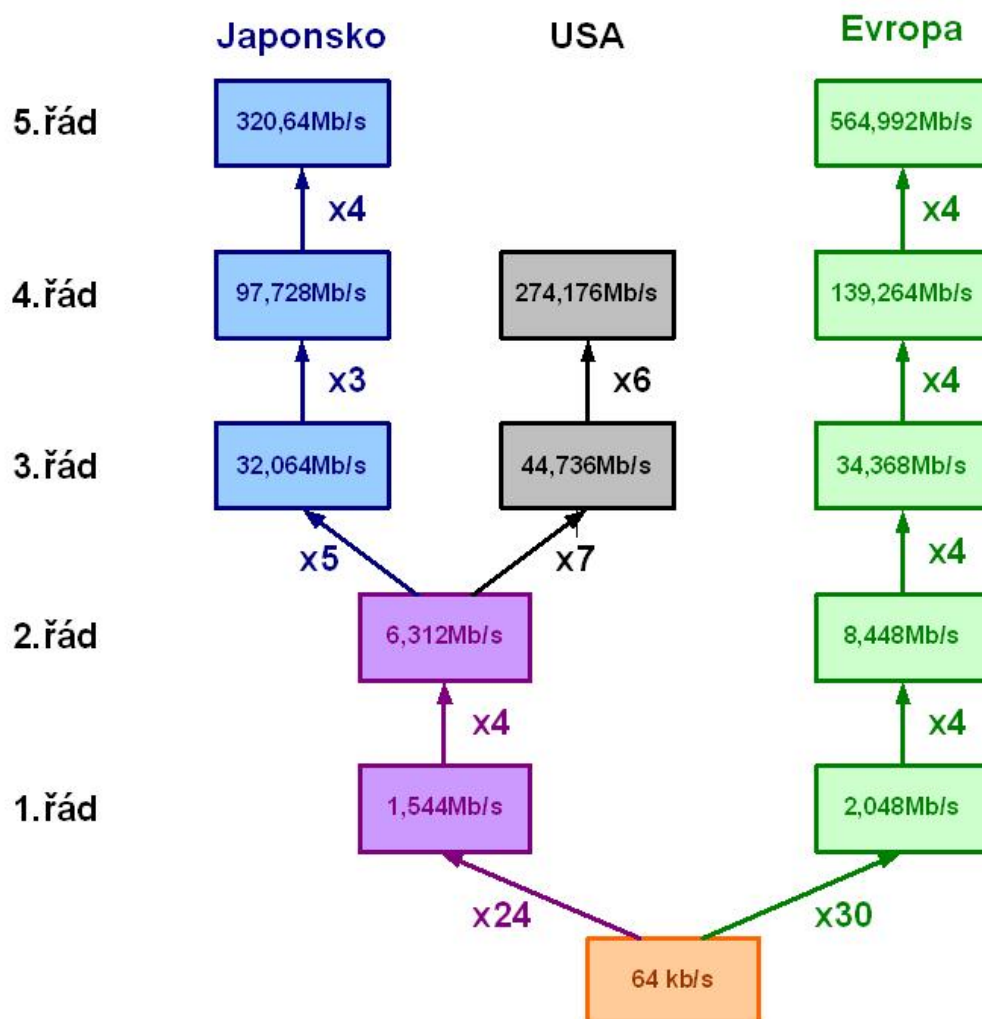
Obr. 3.2: Multiplexace PCM 2. řádu

### 3.1.1 Vytváření PDH

V evropské hierarchii multiplexujeme vždy 4 signály, ke kterým se přidávají pomocné informace. Skupina rámcové synchronizace + vyrovnání přenosových rychlostí (stuffing). Hierarchie USA a Japonska multiplexují rozdílné počty signálů, což vede k nekompatibilitě.

Tab. 3.1: Začleňování PDH podle evropské normy

Řád	Označení	Označení rozhraní	Kanálů nižšího stupně	Rychlost (kb/s)
0.		RM0		64
1.	E1	RM1	30	2 048
2.	E2	RM2	4	8 448
3.	E3	RM3	4	34 368
4.	E4	RM4	4	139 264



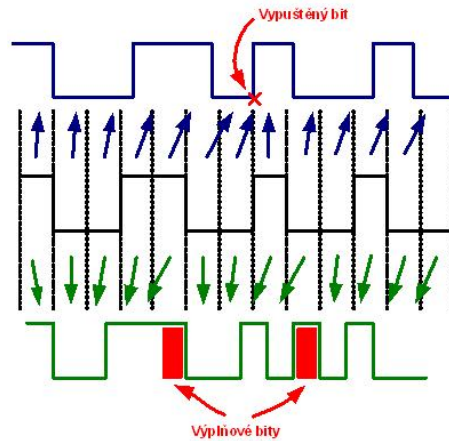
Obr. 3.3: Hierarchie začleňování PDH

### 3.1.2 Stuffing

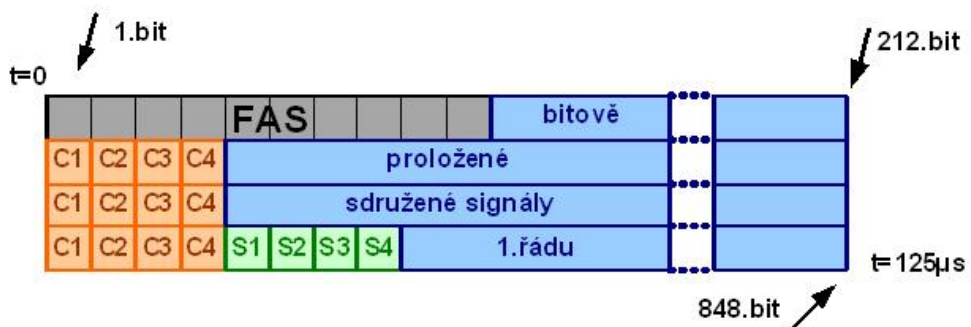
Je vložení nevýznamového bitu (i více) do sériové posloupnosti dat. Protože signály nižších řádů nejsou pevně časově synchronizovány, dochází ke ztrátě bitů sdružovaného signálu. Počet bitových míst v signálu vyššího řádu volíme vyšší (+ rezerva), než je počet míst odpovídající nejvyšší okamžité přenosové rychlosti příspěvkového signálu. Nevyužitá místa jsou vyplněna pomocnými bity.

Bitové místo, v němž je proveden stuffing, je v rámci vyššího řádu přesně označeno. Vysílané bity pro stuffing obsahují informace, zda byl stuffing proveden či ne.

Řídící bity stuffingu (C1 až C4) označují začátky řádků obsahující stuffingové bity S1 až S4. Sekvence se třikrát opakuje pro zamezení vzniku chyb.



Obr. 3.4: Stuffing



Obr. 3.5: Umístění stuffingových bitů v rámci PCM30

## 3.2 SDH

Synchronní digitální hierarchie je standard ITU G.707 až G.709. Byl vytvořen ze standardu pro optickou komunikaci SONET (Synchronous optical network). Účelem je nahradit PDH při přenosu telefonních a datových kanálů. SDH umožňuje začlenit nejen PDH ale i ATM buňky, IP pakety atd). SDH je celosvětově standardizována, což umožňuje sjednotit technologie různých výrobců.

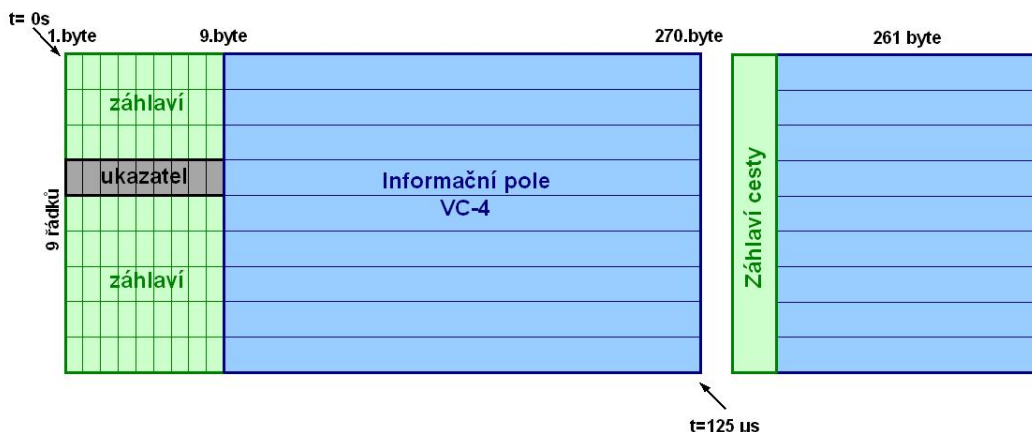
Hlavní předností SDH je synchronní rychlost v celé síti, proto není potřeba používat stuffing. Tím se snižují nároky na bufferovací paměti v zařízeních v síti. Jednotný takt je zajištěn pomocí atomových hodin. SDH používá bajtové (8 b) prokládání, které umožňuje adresovat data v rámcích vyšších řádů. Přenosové rychlosti SDH začínají přibližně na rychlostech 4. řádu PDH ( $\doteq 140 \text{ Mb/s}$ ).

### 3.2.1 Hierarchie SDH

Základní signály se nazývají synchronní transportní moduly STM-N, kde písmeno N vyjadřuje hierarchický stupeň. Taktéž udává kolik do kolika signálů STM-1 lze STM-N demultiplexovat. Sdružování do vyšších signálů probíhá vždy po čtyřech.

#### Stupeň STM-1

STM-1 se přenáší rychlostí 155,52 Mb/s. Rámce se kreslí ve tvaru tabulky, kde jednotlivé bajty po sobě následují v řádku, řádky se postupně odesílají. Velikost rámce VC-4 je 2430 bajtů z toho je 2349 bajtů použitých jako VC virtuální kontejner (payload). Prvních 9 bajtů každého řádku obsahují služební informace (záhlaví). Záhlaví indikuje cestu signálu přes přenosové prvky sítě od sestavení po rozebrání. Obsahuje informace o synchroskupinu rámcového souběhu SRS, zabezpečení, služební, řídicí datové kanály. Ve čtvrtém řádku je přenášen ukazatel (pointer). Pointer udává pomocí počtu bajtových pozic polohu prvního bajtu virtuálního kontejneru proti ukazateli to znamená proti rámci vyššího stupně.



Obr. 3.6: Stupeň STM-1

Výpočet přenosové rychlosti spočívá v určení počtu bitů v rámci a vynásobení frekvencí opakování rámců.

$$v_{\text{STM1}} = 270 \cdot 9 \cdot 8 \text{ b} \cdot 8000 \text{ Hz} = 155520000 = 155,52 \text{ Mb/s} \quad (3.1)$$

#### Pointer (ukazatel)

Protože signály nižších řádů nemusí být rámcově synchronizovány, je nutné jejich polohu adresovat. Pointer adresuje fázové posuvy poloh signálů nižších řádů v rámci STM.

### 3.2.2 Začlenění PDH do SDH

Multiplexní struktura SDH umožňuje začlenění signálů PDH evropské, japonské, americké hierarchie. Signály se přenášejí ve virtuálních kontejnerech. Kombinace multiplexů jsou dány maximální přenosovou rychlostí.

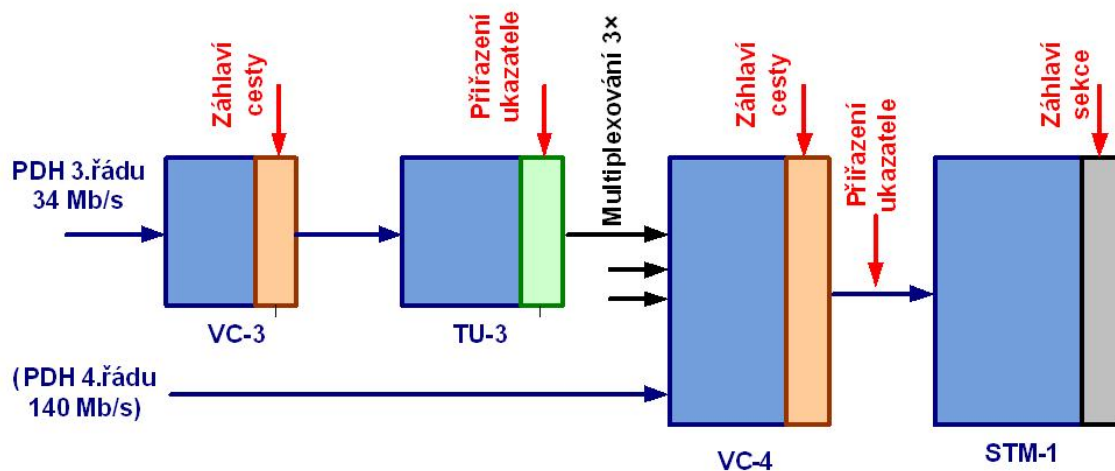
Tab. 3.2: Začleňování SDH

VC	PDH
1×VC-4	1×E4
3×VC-3	3×E3
2×VC-3	2×E3+21×E1
1×VC-3	1×E3+42×E1

#### Příklady začlenění signálů pro evropskou PDH

Začlenění PDH 4. řádu je možné nejméně do kontejneru VC-4. Tento kontejner má velikost 2349 bajtů, rychlost přenosu dostačuje pro přenos PDH 4. řádu ( $\approx 140$  Mb/s). K signálu se připojí záhlaví cesty, které je s ním pevně spojeno od sestavení až po rozebrání na konci cesty.

Začlenění PDH 3. řádu do kontejneru VC-3. Opět se přidává záhlaví cesty. Přidáním ukazatele (pointeru) vznikne příspěvková jednotka TU-3 (Tributary unit).

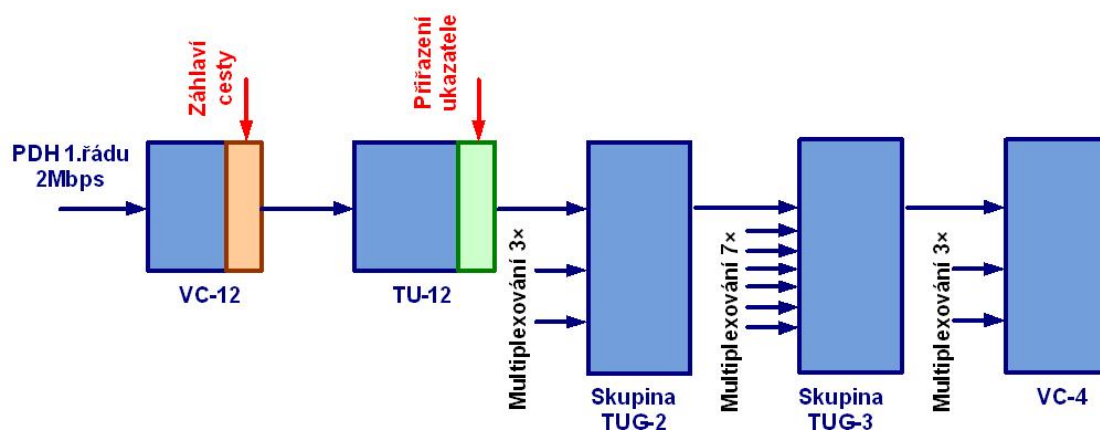


Obr. 3.7: Začleňování PDH 3. řádu do SDH

Začlenění PCM 1. řádu (E1). Signál PCM30/32 má přenosovou rychlost 2048 kb/s a ukládá se do kontejneru VC-12. Kontejner VC-12 je 1. řádu a má celkem 35 bajtů. Záhlaví cesty je složeno ze 4 bajtů.

Přidáním ukazatele vznikne jednotka TU-12 (36 bajtů). Ukazatel TU-12 je složen ze 4 bajtů, které nesou informace o návěští, hodnotu pointeru, stuffing. Poslední bajt je vyhrazen pro rezervu.

Tři tyto jednotky se multiplexují do Skupiny TU. 7 skupin TU se dále mutliplexuje, poté znovu  $3\times$ . Výsledkem je rámec VC-4. Postupně lze do rámce začlenit 63 signálů PCM30/32, případně kombinace s PDH 3. řádu (se signálem PDH 2. řádu se v evropské hierarchii nepočítá).



Obr. 3.8: Začlenění PDH 1. řádu do SDH

### 3.3 Literatura

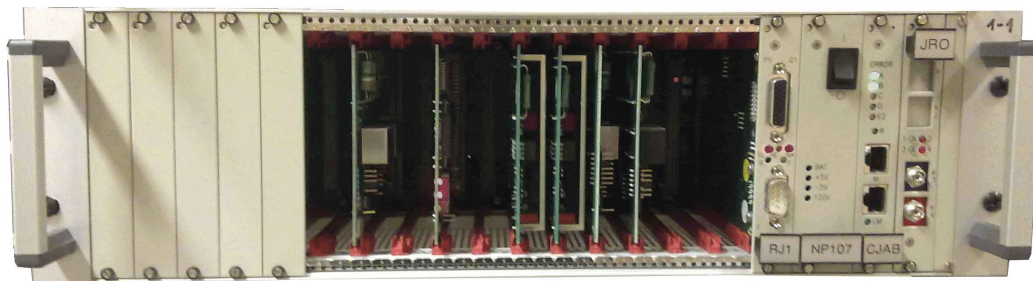
Informace pro kapitolu 3 jsem čerpal z literatury [2], [3]



## 4 SYSTÉM PCM30U – TTC

V laboratoři máme 2 jednotky systému PCM30U od české firmy TTC. Firmu TTC koupila italská firma Marconi a přejmenovala se na TTC Marconi. Ta je dnes součástí skupiny Ericsson a působí ve 140 zemích světa. Zařízení je primárně určeno pro přenos telefonních a datových signálů na principu systému PCM prvního a druhého řádu, tedy E1, E2. Má modulární strukturu realizovanou pomocí zásuvných karet. Přenos na fyzické vrstvě je zajištěn optickými kabely ale je možno použít i metalické.

Zařízení má integrovaný dohledový systém, který je řízen programem DORIS 2000 NET. V síti jsou signály dohledového systému posílány služebním bitem S4 kanálového intervalu KI 0.



Obr. 4.1: Systém PCM30U v laboratoři

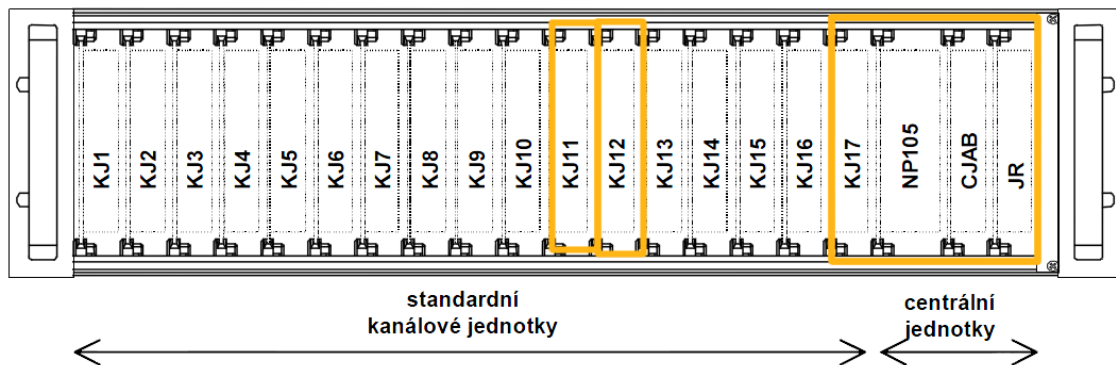
### 4.1 Popis zařízení

Zařízení se skládá z modulárních částí, které spolu komunikují přes společnou sběrnici. Pevné části jsou napáječ NP107, centrální jednotka CJAB. Centrální jednotka CJAB obsahuje multiplexor slučující 30 signálů (telefonní, datové) z místních kanálových jednotek. Výsledný Multiplex má datový tok 2048 kb/s. CJAB dále obsahuje Cross-Connect pole, které může propojovat 64kb/s kanály mezi místními kanálovými jednotkami nebo do vnějšího směru přes E1.

Zařízení je fyzicky umístěno v kostře s označením 3UST šířky 19". Vzhledem k určení je zařízení konstruováno, tak aby zajistilo vysokou stabilitu v prostorách s velkým elektromagnetickým rušením (EMC). Kostra obsahuje 20 slotů pro zásuvné jednotky, do prvních patnácti zleva se dají vkládat buďto telefonní nebo datové. Patnáctá a šestnáctá pozice je doporučena pro kanálové jednotky. Jejich umístění lze upravit pomocí propojek. Sedmnáctou pozici máme obsazenou jednotkou RJ1.

Osmnáctou pozici obsazuje napáječ NP107. Na další pozici je umístěna centrální jednotka CJAB. Poslední jednotka je JRO, která obsahuje jedno optické rozhraní.

Kabelování telekomunikačních kanálů se provádí ze zadní strany zařízení. Konektory jsou umístěny přímo na komunikační desce. Druhou možností jsou násuvné konektory připojené k jednotlivým kanálovým pozicím.



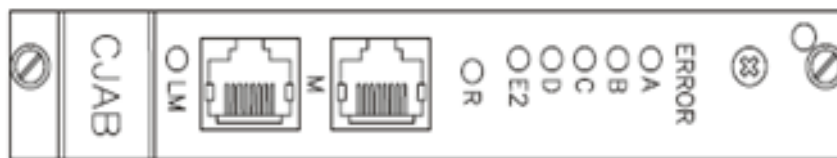
Obr. 4.2: Rozvržení jednotek v systému

## 4.2 Řízení systému

Je možné vzdáleně pomocí programu DORIS 2000 nebo lokálně přes LMS. Local Management Systém se připojuje k jednotce CJAB nebo RJ1 pomocí sériového spojení RS232. Jeho výhodou je rychlejší funkce.

## 4.3 Centrální jednotka CJAB

Jednotka zajišťuje obsluhu jednoho až čtyř PCM E1 signálů. Provádí vytváření rámců PCM30 s možností crossconnectu hovorových kanálů mezi čtyři vnější toky E1 (směry A, B, C, D) nebo přes vnitřní sběrnici (M1, M2). Skládání multiplexu probíhá podle normy ITU-T G.737. Směry A, B lze směřovat na rozhraní RM1 nebo na JRO, směry C, D pouze na JRO. Rozhraní RM1 je umístěno ze zední strany zařízení. Fyzicky je použit konektor 8P2C, bitovou transparentní zajišťuje kód HDB3.



Obr. 4.3: Jednotka CJAB

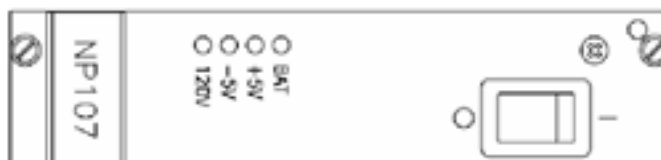
## 4.4 Napáječ NP107

Je určen přímo pro provedení 3UST. Je osazen vypínačem. Napáječ je tvořen měničem SS vstupního napětí, které je v rozmezí 40 V až 72 V, na napětí +5 V / 4 A, -5 V / 1 A pro napájení muldexu a optických linkových zakončení. Pro vyzvánění napětí je z výstupu měniče vyvedeno napětí 120 V / 100 mA.

Ochranu proti zkratu zajišťují elektronické pojistky výstupů. Přepětí od zátěže je ošetřeno Zenerovými diodami.

Pro převod TTL (binární signál založený na tranzistor-tranzistor logice) signálů o frekvenci 25 Hz, 425 Hz, 16 kHz na sinusové signály amplitudy  $\pm 4$  V se starají kmitočtové filtry.

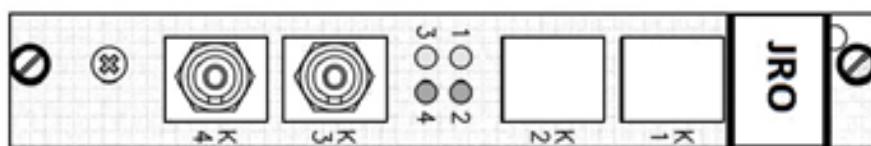
Pomocí dohledového systému lze kontrolovat výstupní napětí napáječe.



Obr. 4.4: Jednotka NP107

## 4.5 Jednotka rozhraní JRO

Jednotku tvoří základní deska, na které je řídicí část. Dále je osazena subdeskou OS s optickým rozhraním 1. řádu. Jako zdroj světelného paprsku v optickém výstupu je použit laser. Vlnová délka záření  $\lambda=1550$  nm nebo  $\lambda=1310$  nm. Bitovou transparenence je udržována kódem MCMI.

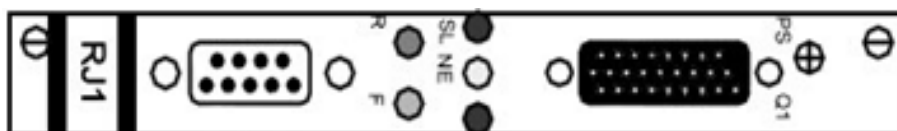


Obr. 4.5: Jednotka JRO

## 4.6 Jednotka RJ1

Jednotka zajišťuje v reálném čase řízení, lokální, vzdálený dohled zařízení PCM30U. Vzdálený dohled je realizován řídicím systémem DORIS 2000 NET. Jednotka zajišťuje funkci koncentrátoru, který konvertuje M rozhraní na rozhraní Q (F). Pro komunikace se systémem DORIS používá rozhraní Q nebo F. Pokud použije F je přenos řídicích signálů pomalejší.

V každém zařízení PCM30U může být ke sběrnici M připojena pouze jedna jednotka RJ1.



Obr. 4.6: Jednotka RJ1

## 4.7 Kanálové jednotky KJ

Jednotky KJ jsou účastnickou stranou zařízení. Převádí vstupní analogové signály na digitální sběrnici M rychlostí 2048 kb/s. Přenáší také signalizaci a mohou i tarifkaci. Tarifkace je přenášena impulsy o frekvenci 16 kHz. Připojení je dvoudrátové.

## 4.8 Literatura

Informace pro kapitolu 4 jsem čerpal z literatury [7], [8].

## 5 SÍŤOVÝ ANALYZÁTOR VEPAL TX300

Jedná se o analyzátor se 7" barevným, dotykovým displejem. Váží kolem 2,5 kg, je vybaven metalickými rozhraními. Může být doplněn o optická rozhraní. Instalovaný hardware a software umožňuje měření DS1/E1 linek, Ethernetu 1000Base-T, PDH, SDH do STM-64.

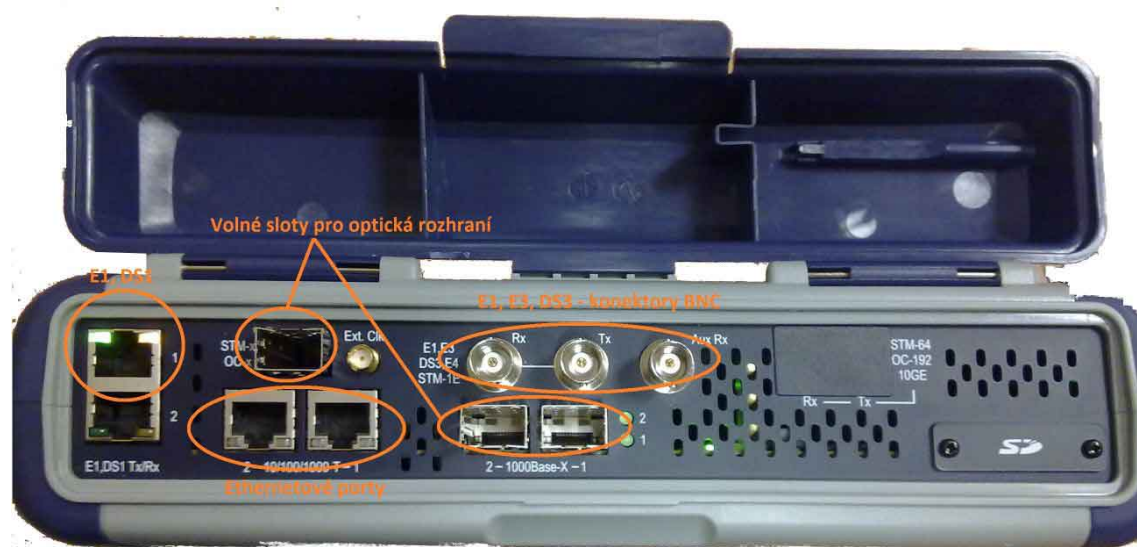
### 5.1 Klíčové funkce

- Umožňuje duální příjem E1 signálů pro porovnání signálů
- Analýzu E1, E3 rámců
- PDH testování přenosových rychlostí
- Optické SDH testování až do 10 Gb/s
- SDH generování a analýzu pointeru
- Spojování SDH kontejnerů
- ...



Obr. 5.1: VePAL TX300

## 5.2 Rozhraní



Obr. 5.2: VePAL TX300 porty

## 5.3 Literatura

Informace pro kapitolu 5 jsem čerpal z literatury [9].

## 6 SDH ZAŘÍZENÍ MSH11CP MARCONI

V laboratoři máme celkem 6 zařízení opět od firmy TTC Marconi. Základní charakteristika zařízení je synchronní Add/Drop multiplexor STM - 1 řádu. Obsahuje STM-1 optické i elektrické linky o přenosové rychlosti 155 Mb/s. Základním článkem je jednotka MOST (Mux controller Optical Switch Tributary). Jednotka umožňuje cross-connect kontejnerů VC-12, VC-2, VC-3, VC-4. Optické výstupy jsou navrženy podle normy ITU G.957, elektrické podle ITU G.703.



Obr. 6.1: MSH11CP Marconi v laboratoři

### 6.1 Možnosti konfigurace

- STM-1 Terminal Multiplexer - multiplexuje/demultiplexuje příspěvkové signály do/z jedné STM-1 linky.
- STM-1 Double Terminal Multiplexer - multiplexuje/demultiplexuje příspěvkové signály do/ze dvou STM-1 linek
- STM-1 Add/Drop Multiplexer - začleňuje/vyčleňuje tranzitní signály ze dvou STM-1 linek do příspěvkových rozhraní
- STM-1 Single Regenerator - regeneruje jeden STM-1 signál (MOST se chová jako regenerator)

## 6.2 Části zařízení

- MOST  
podporuje management SDH rámce, cross-connect, časování. Tato jednotka může být doplněna dvěma STM-1 moduly (optické/elektrické) a jedním příspěvkovým modulem:
  - 16·2 Mb/s příspěvkový modul
  - 32·2 Mb/s příspěvkový modul
  - 1·34 Mb/s příspěvkový modul
  - 1·34 Mb/s + 8·2 Mb/s příspěvkový modul
  - 1·45 Mb/s + 8·2 Mb/s příspěvkový modul
- AC/DC měnič  
zajišťuje přímé napájení potřebné pro správný chod jednotky
- Napájení baterie  
zajišťuje dobíjení baterie
- Baterie  
zajišťuje zálohování AC/DC měniče

## 6.3 Funkce cross-connect

Definuje, jak bude příchozí/odchozí provoz multiplexován/demultiplexován a alokován do/z STM-1 rámce virtuálního kontejneru VC.

Matice (obsažená v MOST jednotce) může vytvářet propojení mezi linkovou a příspěvkovou jednotkou na TU-12, TU-2, TU-2nc, TU-3, AU-4. Je možné vytvářet následující druhy cross-connectu:

1. unidirectional – jednosměrné spojení mezi:
  - linkou a příspěvkovou
  - linkou a linkou
  - příspěvkovou a linkou
  - příspěvkovou a příspěvkovou
2. bidirection – obousměrné spojení
  - linka a linka
  - linka a příspěvková
  - příspěvková a příspěvková
3. broadcast spojení linky nebo příspěvkové linky s více výstupy



## 7 PRAKTICKÉ ZAPOJENÍ PCM30U

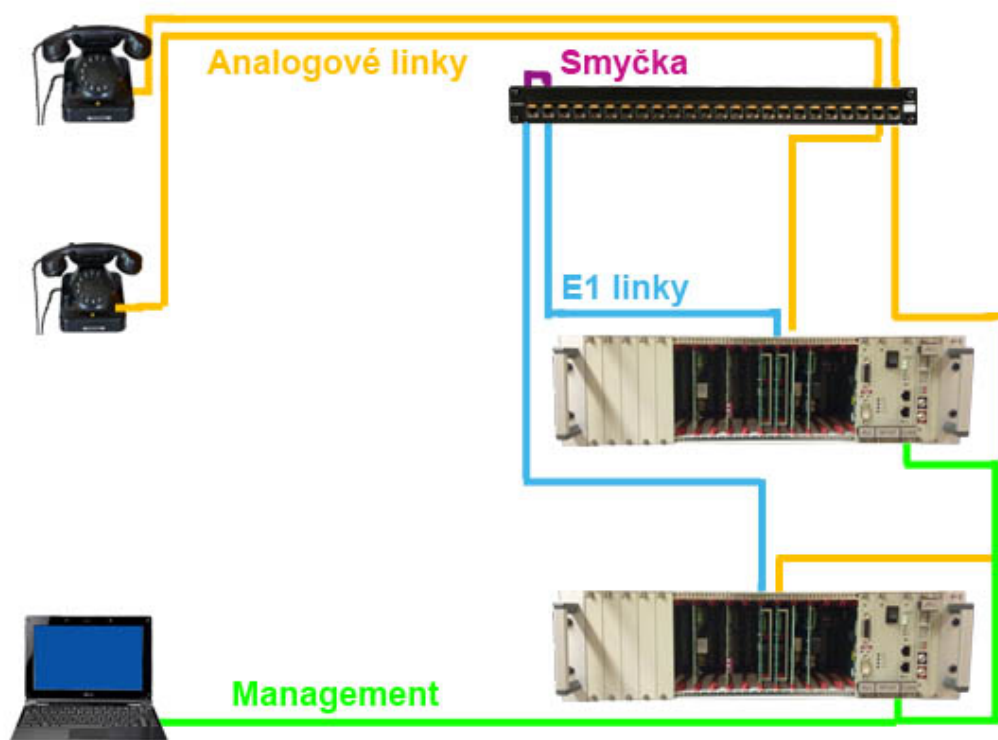
V této části zapojím jednoduchou tzv. „horkou linku“ mezi dvěma telefony. Komunikace bude probíhat přes metalický okruh E1.

Použijeme zařízení PCM30U umístěné ve stojanu. V každém zařízení je vložena karta kanálových jednotek (KJ), ke které jsou připojeny telefonní aparáty.

### 7.1 Fyzické zapojení

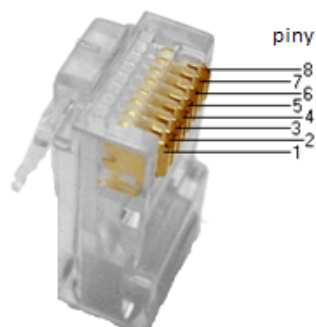
Vstupy kanálových jednotek a metalické výstupy E1 jsou vyvedeny na patch panel. Přes něho připojíme telefony (konektory RJ-11). Dále je nutné vytvořit smyčku na E1 linkách. Vzhledem k tomu, že E1 specifikace je odlišná od Ethernetu není možné použít přímé ani křížené kabely (specifikace EIA-568A/B).

Správa zařízení je lokální. Připojíme PC s ovládacím programem Manager pomocí management linky k jednotce CJAB.



Obr. 7.1: Zapojení „horká linka“

Pro vytvoření smyčky potřebujeme kabel s konektory RJ-45 (obr. 7.2). E1 používá piny 1, 2, 7, 8. Použijeme kabel, který má propojeny piny 1→7, 2→8 a naopak.



Obr. 7.2: Konektor RJ-45

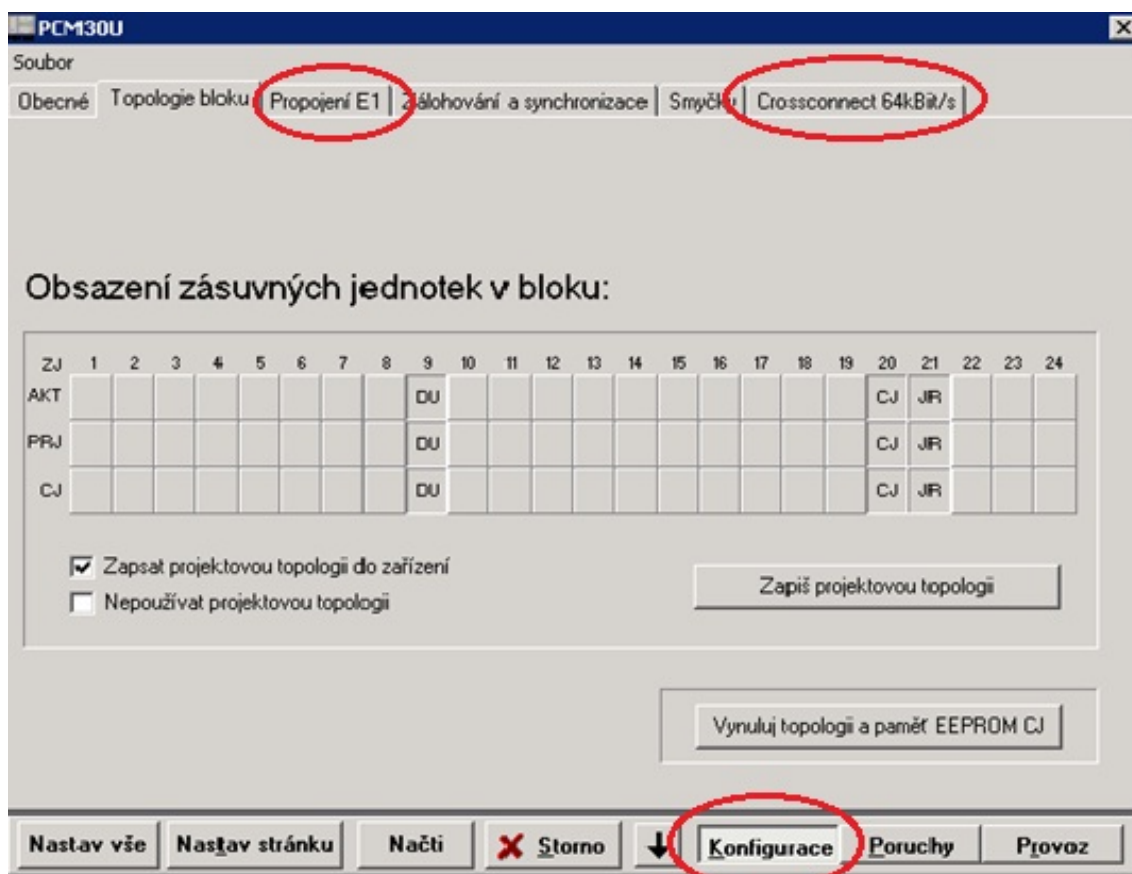
## 7.2 Softwarové nastavení

Pro nastavení konfigurace použijeme program LMS (Local management system). Na určeném PC je na ploše odkaz „manager“. Po načtení programu je nutné ověřit, jestli program komunikuje přes port COM1, ke kterému je fyzicky připojeno zařízení PCM30U. Výběr COM portu je v pravém dolním rohu okna (Sériový kanál).

Stiskneme na tlačítko „Načti blok PCM“. Tím se načte blok, ve kterém je umístění kanálových jednotek v systému. Dále na „Dialog bloku PCM30U“, zobrazí se nové okno se zobrazenou záložkou „Poruchy“. Poruchy jsou softwarového rázu, nejedná se o hardwarové chyby v systému.

### 7.2.1 Konfigurace

Přepneme přes tlačítko „konfigurace“ do režimu konfigurování samotného PCM30U systému. Máme zde několik karet, z nichž použijeme karty „Propojení E1“ a „Crossconnect 64 kb/s“.



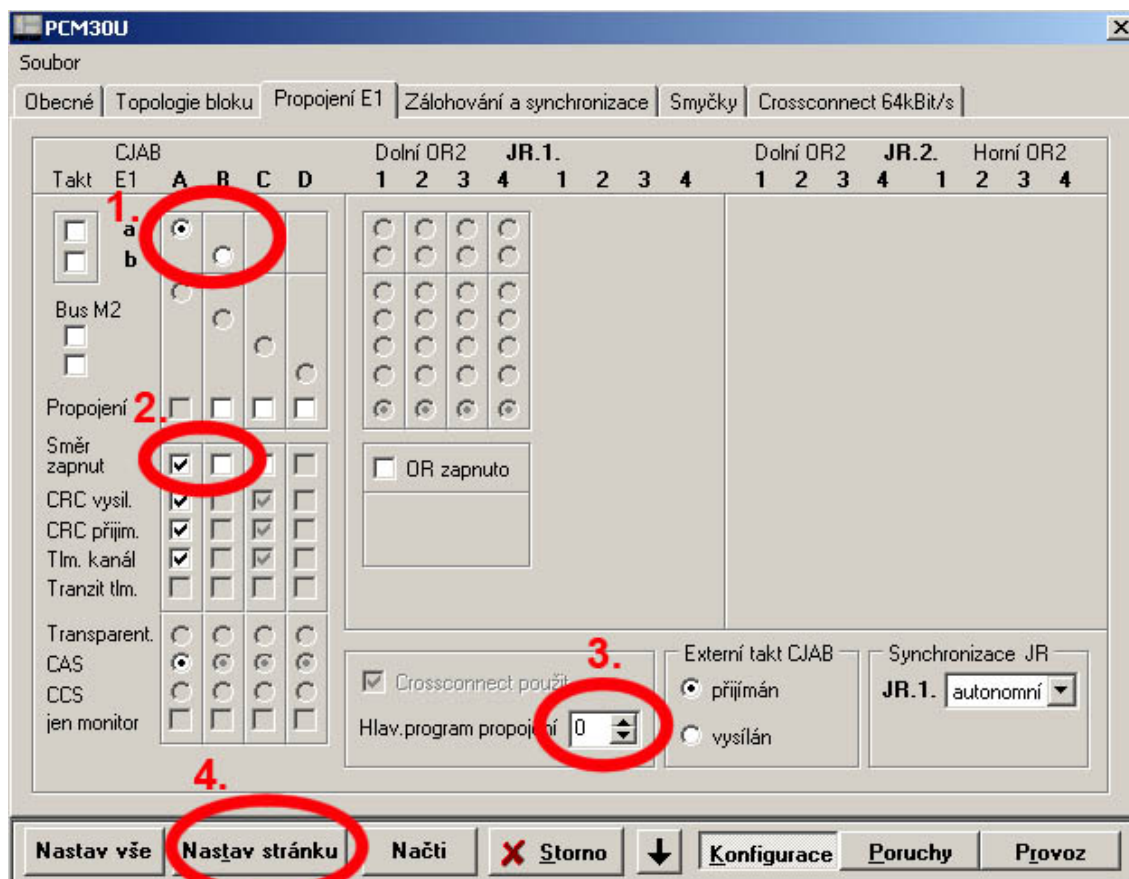
Obr. 7.3: Dialog bloku PCM30U

### 7.2.2 Propojení E1

Karta Propojení E1 slouží k obsluze zařízení. Zde nastavíme crossconnect mezi vnitřní sběrnici M1 a směry A nebo B. Karty zajišťující crossconnect jsou CJAB a RJ1.

Na této kartě je nutné nastavit:

1. Směr A nebo B. Vzhledem k tomu, že v naší konkrétní konfiguraci nemáme dodatečné karty pro směry C, D, není možná jiná varianta.
2. Zapnutí směru
3. Nastavení hlavního programu propojení. Číslo programu je libovolné, ovšem musí se shodovat s číslem programu, nastaveném v další části konfigurace.
4. Tlačítkem „Nastav stránku“ zvolenou konfiguraci uložíme.

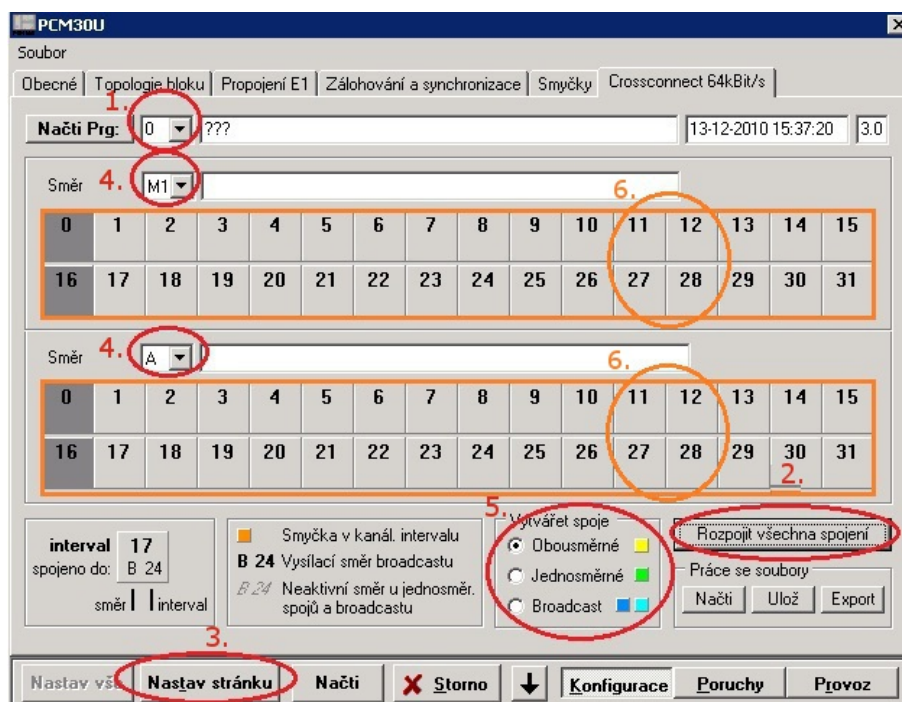


Obr. 7.4: Propojení E1

### 7.2.3 Crossconnect 64 kb/s

Karta crossconnect je pro dané zapojení nejdůležitější. Zajišťuje nastavení potřebného směrování mezi sběrnici M1 a A nebo B. Po přepnutí na kartu se zobrazí dialogové okno s výzvou, zda chceme načíst aktuální konfiguraci ze zařízení. Můžeme potvrdit.

V okně jsou ve dvou tabulkách (oranžové ohraničení) vidět kanálové intervaly. 0. a 16. kanálový interval není možno využít z důvodu systémového využití. V našem konkrétním fyzickém zapojení zařízení máme karty standardních kanálových jednotek KJ na pozicích 11, 12. KJ v horním zařízení je na pozici 11. Každá KJ obsluhuje dva kanálové intervaly a to vždy protilehlé. Z toho vyplývá, že KJ na pozici 11 obsluhuje kanálové intervaly 11 a 27, 12 obsluhuje 12 a 28.



Obr. 7.5: Crossconnect 64 kb/s

Nastavení:

1. První věc je zvolení čísla programu. Toto číslo se musí shodovat s číslem zadáním v kapitole Propojení E1 odrážka 3.
2. Poté smažeme konfiguraci nastavenou v tomto programu kliknutím a potvrzením tlačítka „Rozpojit všechna spojení“.
3. Smazání konfigurace uložíme tlačítkem „Nastav stránku“.
4. Přejdeme k samotnému nastavení crossconnectu. Vybereme směry od (horní část) kam (spodní část) se mají kanálové intervaly směřovat. V zobrazeném případě ze sběrnice M1 na směr A.
5. Vybereme typ spojení, kterým bude probíhat komunikace mezi telefony. V našem případě „Obousměrné“.
6. Zvolným typem spojení propojíme vybrané kanálové intervaly. Klikem v horní části na číslo KI (11) a následným klikem do spodní části na číslo KI (28). Tato čísla (11, 28) není nutné pevně dodržet, ovšem při použití jiných musíme vždy vybrat dvojici, která zahrnuje obě karty KJ.
7. Uložíme konfiguraci stiskem „Nastav stránku“, bod 3.
8. Připojíme se na druhé zařízení, kde provedeme podobné nastavení. Kanálový interval se bude lišit.

Těmito body jsme nastavili obousměrnou horkou linku přes rozhraní E1 mezi dvěma zařízeními PCM30U.

## 8 OVĚŘENÍ E1 KANÁLOVÉHO INTERVALU

V této části ověříme správné nastavení kanálového intervalu v rámci E1. Požijeme síťový analyzátor VePAL TX 300.

### 8.1 Fyzické zapojení měření

Zapojení je velice jednoduché, pouze připojíme jeden z výstupů E1 (A / B) na vstup síťového analyzátoru VePAL. Použijeme metalický vstup „E1, DS1 Tx/Rx“ číslo 1 s konektorem RJ-45. Je nutné použít propojovací kabel zmiňovaný v kapitole 7.1.



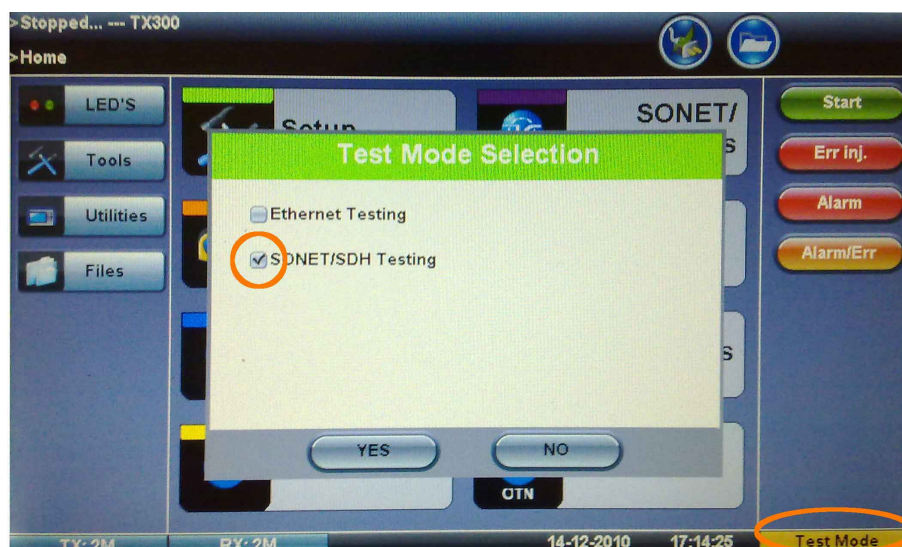
Obr. 8.1: Připojení k VePAL TX 300

### 8.2 Nastavení analyzátoru

#### 8.2.1 Mód

Po zapnutí analyzátoru musíme přepnout mód měření na SONET/SDH Testing. Do menu volby módu se dostaneme stiskem tlačítka „Test Mode“ v pravém dolním rohu touchscreenu.



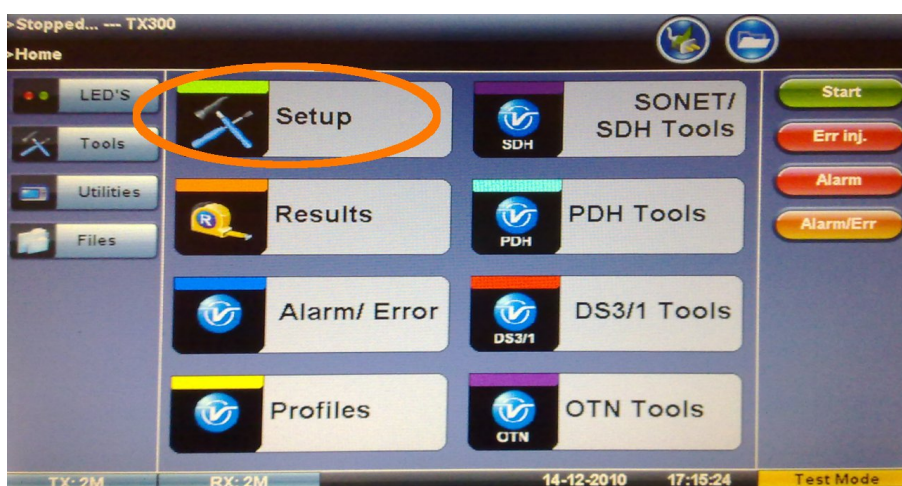


Obr. 8.2: Volba módu měření

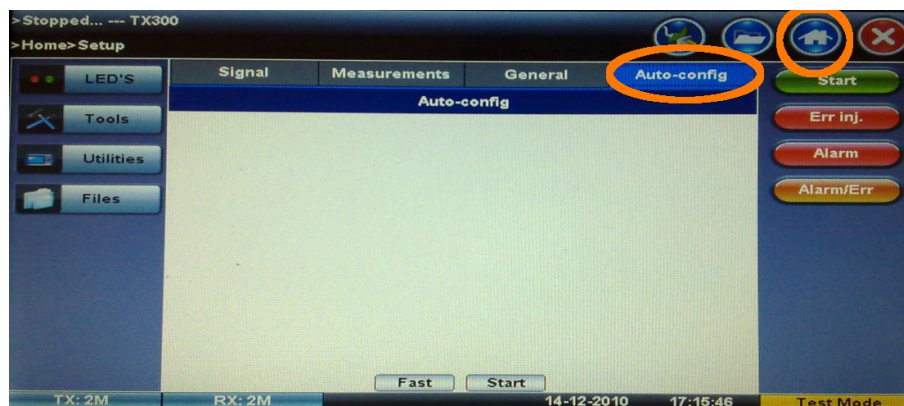
### 8.2.2 Automatická konfigurace analyzátoru

Nyní spustíme automatickou konfiguraci analyzátoru VePAL. Analyzátor si nastaví používaný interface, hierarchii, velikost rámce atd.

Vstoupíme do menu Setup, dále podle obr. 8.4 přejdeme na kartu „Auto Config“. V této kartě stiskneme „Start“. Po proběhnutí automatického nastavení stiskneme v pravém horním rohu ikonku HOME. Tím se dostaneme na základní obrazovku.



Obr. 8.3: Základní obrazovka



Obr. 8.4: Auto-config

### 8.2.3 Zachytávání E1 rámce

Na základní obrazovce otevřeme nabídku PDH tools a dále E1 Receive Data (obr. 8.6).



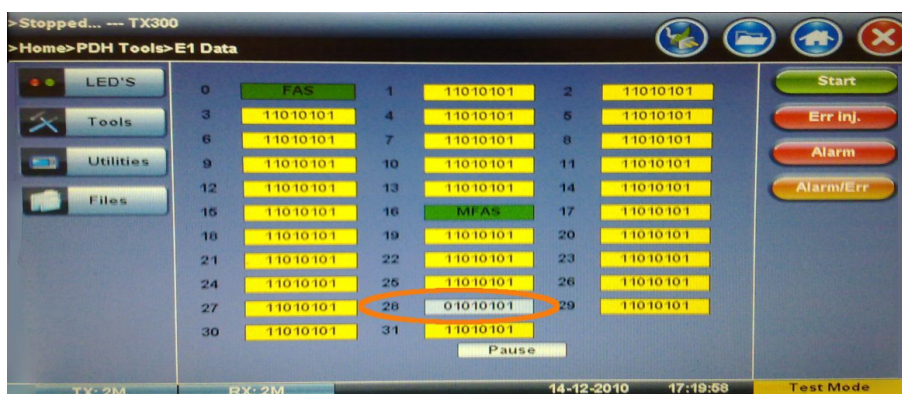
Obr. 8.5: Základní obrazovka 2





Obr. 8.6: PDH Tools

V tomto menu je vidět tok dat v kanálových intervalech přijímaného rámce E1. V mém případě se jedná o kanálový interval č.28. Nastavení, do jakého KI jsme směřovali hovor, probíhalo v kapitole 7.2.3.



Obr. 8.7: Zachytávání rámce E1

## 9 PROTOKOL Č. 1

 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ		Předmět <b>Vysokorychlostní komunikační systémy</b>	
		Jméno	
		Ročník	Studijní skupina
		Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval		Hodnocení	Odevzdáno dne:
Číslo úlohy	Název úlohy  <b>Zapojení systému PCM30U</b>		

### Zadání úlohy

1. Seznamte se s pracovištěm, přenosovým zařízením PCM30U a analyzátozem VePal TX-300
2. Nastudujte principy přenosu PCM a rámec E1
3. Za pomoci dvou zařízení PCM30U propojte a nakonfigurujte linku mezi účastníky
4. Ověřte funkci hovorem
5. Zkontrolujte správnou konfiguraci kanálového intervalu pomocí síťového analyzátoru VePAL TX 300
6. Závěr a odpovězení na kontrolní otázky
  - Vypočítejte propustnost E1
  - V Evropě se používá kompresní charakteristika jakého typu?
  - K čemu slouží 16. KI
  - Kolik kanálů nižšího stupně obsahuje E1

### Vypracování

- Seznámili jsem se s pracovištěm a přenosovým zařízením PCM30U
- Nakonfigurovali jsem linku přes směry A (RM1A). Propojili kanálové intervaly 11 a 28. Obousměrné spojení.
- Ověřili realizované spojení hovorem

- Připojili jsem síťový analyzátor VePAL a zkontrolovali kanálový interval v E1. Komunikace probíhala v 28. kanálovém intervalu.

## Vyhodnocení

Seznámili jsem se s teorií PCM přenosu 1. řádu. Vytvořili linku, která byla přenášena v námi určeném kanálovém intervalu. Při práci nevznikly žádné problémy.

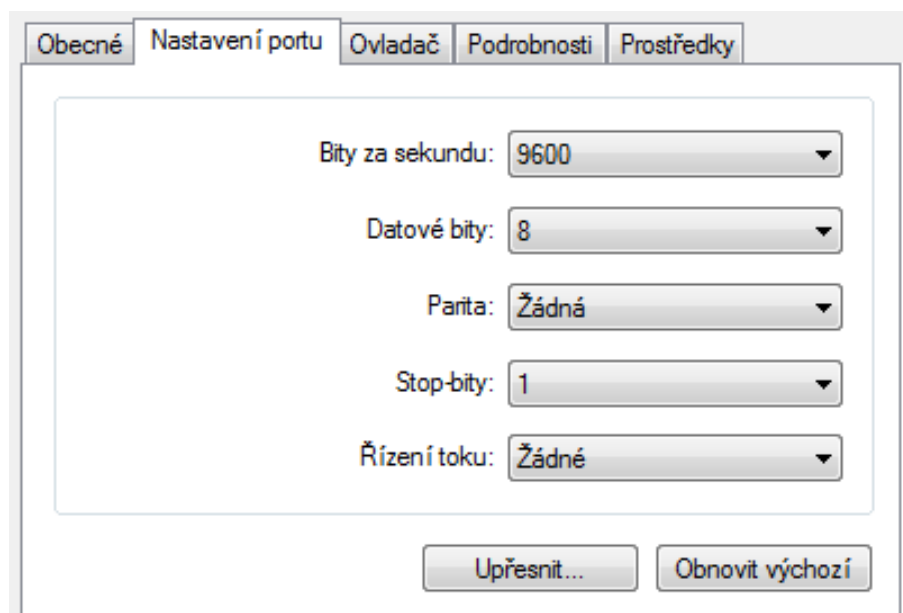
Odpovědi:

- Propustnost E1:  $v_{\text{PCM30}} = N \cdot f_{\text{vz}} \cdot 32 = 8 \cdot 8000 \cdot 32 = 2048 \text{ kb/s} \doteq 2 \text{ Mb/s}$ .
- V Evropě se používá kompresní charakteristika typu A
- 16. KI: Služební kanál. Může obsahovat CAS signalizaci.
- Nižších stupňů obsahuje E1 30.

## 10 ZÁKL. SW NASTAVENÍ SDH MULTIPLEXORŮ

### 10.1 Management připojení

Připojení k SDH zařízením Marconi je realizováno přes sériové rozhraní. Na straně zařízení se jedná o rozhraní označené F. Jsou akceptovány COM porty 1–4 a musí být nastaveny následujícím způsobem:



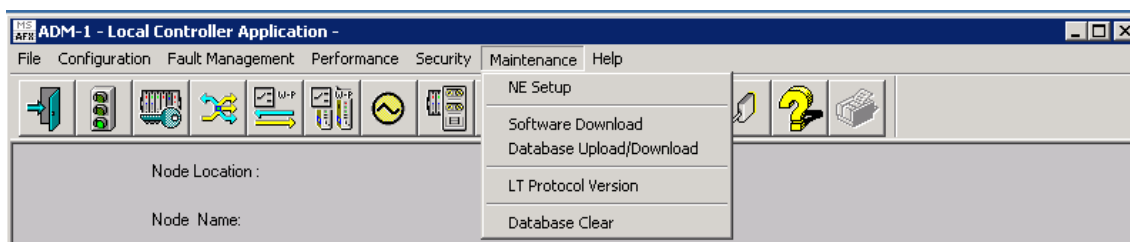
The screenshot shows a software window titled 'Nastavení portu' (Port Settings). It contains five tabs: 'Obecné', 'Nastavení portu', 'Ovladač', 'Podrobnosti', and 'Prostředky'. The 'Nastavení portu' tab is selected. Inside this tab, there are five dropdown menus for configuring the serial port: 'Bity za sekundu' (Baud rate) set to 9600, 'Datové bity' (Data bits) set to 8, 'Parita' (Parity) set to 'Žádná' (None), 'Stop-bity' (Stop bits) set to 1, and 'Řízení toku' (Flow control) set to 'Žádné' (None). At the bottom of the window, there are two buttons: 'Upřesnit...' (Refine...) and 'Obnovit výchozí' (Reset to default).

Obr. 10.1: Nastavení sériové linky

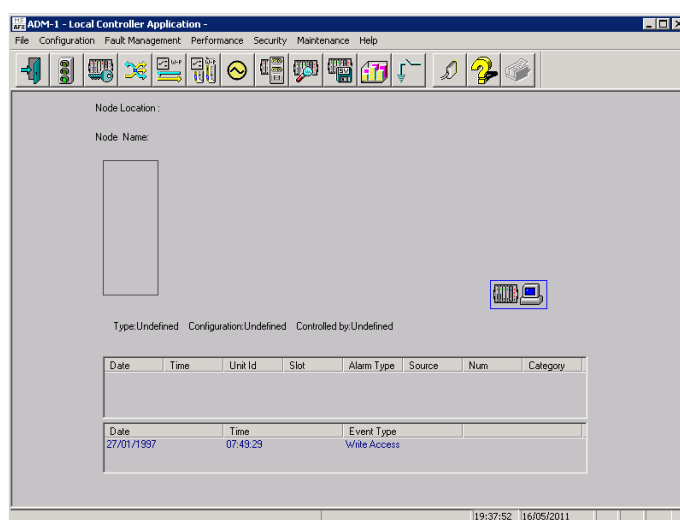
Po spuštění programu jsou uživateli nabídnuty 3 úrovně přístupu. Read User, Write User, Supervisor. Read User má právo pouze ke čtení. Write User má právo k zápisu a přístupové heslo je **SDHNE**. Supervisor má plný přístup k systému. Tato autorizace je nutná pro obnovení do továrního nastavení. Heslo je **S\_SDHNE**. Po úspěšném přihlášení se dostaneme na hlavní obrazovku programu.

### 10.2 Obnovení do továrního nastavení

Po přihlášení jako Supervisor přejdeme do nabídky Maintenance → Database Clear (obr. 10.2).



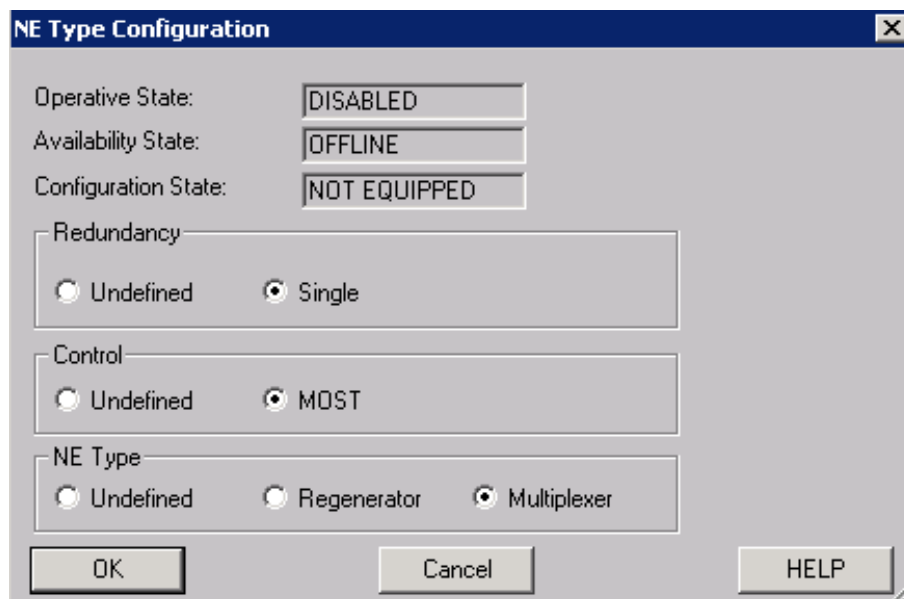
Obr. 10.2: Database Clear



Obr. 10.3: Tovární nastavení

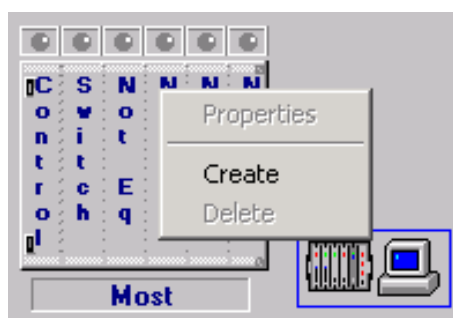
## 10.3 Základní nastavení uzlů

Na základní obrazovce programu přejdeme do Configuration → NE Type, kde nastavíme následující hodnoty: Redundantní uzly nemáme, proto zaškrtneme položku „Single“. Řídící jednotkou je MOST, uzel bude pracovat jako Multiplexor.



Obr. 10.4: NE Type

Dále zavedeme příspěvkové karty do systému. Klikneme na položku „Not Eq“ pravým tlačítkem a zvolíme „Create“ (obr.10.5). Zařízení fyzicky obsahuje pozice



Obr. 10.5: Inicializace karet

typu STM1 S11,  $1 \times 32 \text{ Mb} + 8 \times 2 \text{ Mb}$ ,  $32 \times 2 \text{ Mb}$ . Je nutné dodržet správné fyzické zapojení. Všechny pozice vkládáme jako *nezálohované* (zaškrtnuté pole „Create not protected“)!

Pro lepší orientaci v zapojení je dobré si uzel pojmenovat. V záložce Maintenance → NE Setup → NE Name.

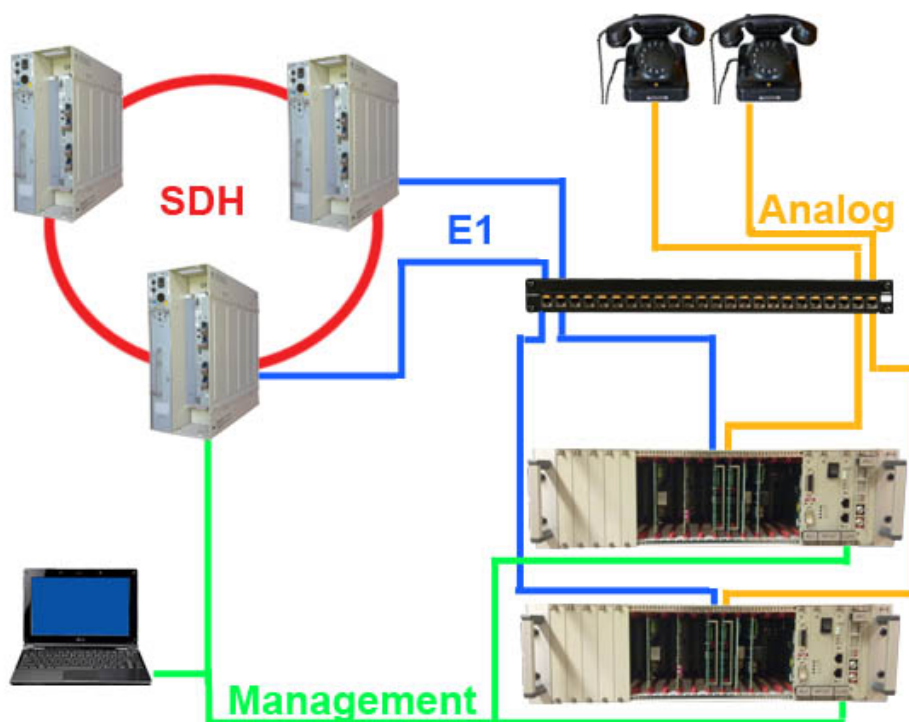
## 11 PŘIPOJENÍ PCM30U K SDH MULTIPLEXO- RŮM

V této části připojíme analogové telefony k ústředně PCM30U, která provede digitalizaci a začlenění signálu do vybraného kanálového intervalu E1. Linka E1 bude připojena do SDH uzlu, který provede začlenění do vybraného kontejneru. Kontejner se přenesení přes optickou SDH síť a na vybraném zařízení bude demultiplexován.

### 11.1 Fyzické zapojení

Vstupy kanálových jednotek a metalické výstupy E1 jsou vyvedeny na patch panel. Přes něho připojíme telefony (konektory RJ-11). Dále propojíme přes patch panel výstupy E1 k SDH multiplexoru na libovolný port.

Správa všech zařízení je lokální. Připojíme PC s ovládacím programem Manager případně Marconi Local Controller Application k zařízení, které chceme konfigurovat.




Obr. 11.1: Připojení PCM30U k SDH uzlům

K propojení E1 linek použijeme kabely s konektory RJ-45 (obr. 7.2), které mají piny propojeny podle tabulky:

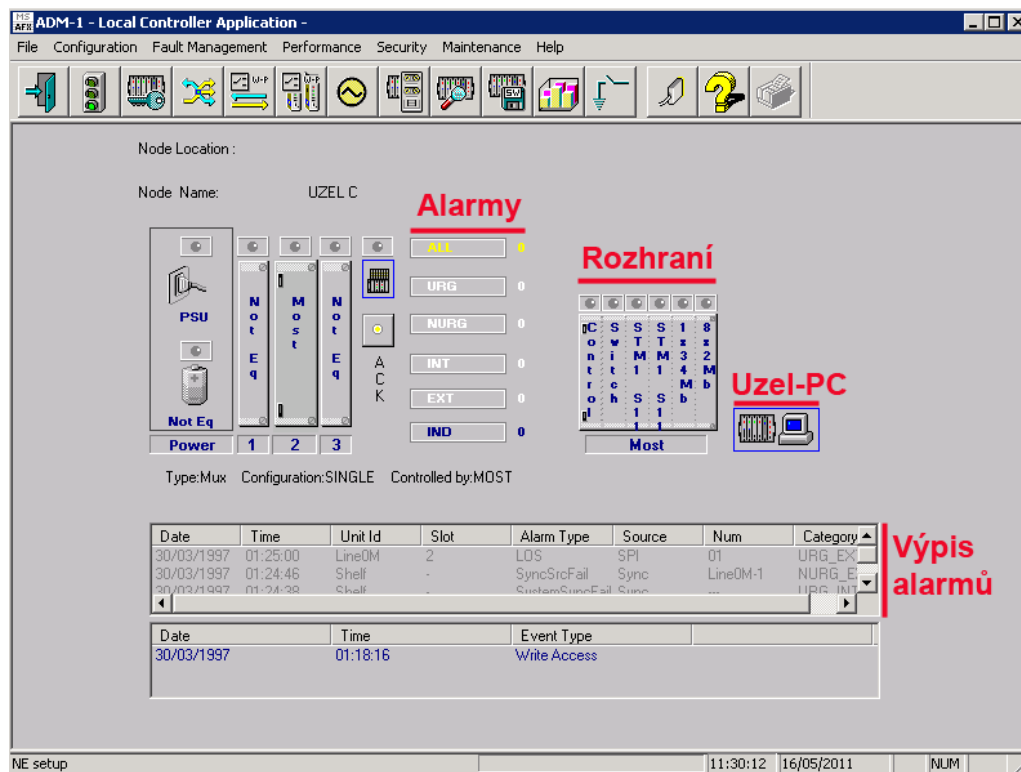
Tab. 11.1: Propojení pinů E1 ↔ SDH

Směr	PCM30U	SDH Patch Panel A	SDH Patch Panel B, C
Rx	1, 2	4, 5	1, 2
Tx	7, 8	1, 2	4, 5

## 11.2 Softwarové nastavení

Zařízení PCM30U nastavíme podle kapitoly 7.2. Dále připojíme management linku k jednomu z SDH uzlů. Nastavení probíhá pomocí programu ADM Marconi Local Controller Application .

### 11.2.1 Popis základní obrazovky



Obr. 11.2: Základní obrazovka

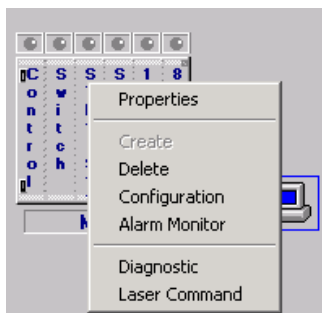
- Alarmy – indikuje počet alarmů rozdělených podle priorit
- Rozhraní – grafické znázornění inicializovaných karet. V případě volné pozice je označeno jako „Not Eq“.
- Uzel-PC – Připojení management linky přes F rozhraní uzlu. Graficky znázorňuje komunikaci.



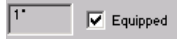
- Výpis alarmů – podrobný výpis alarmů.

## 11.2.2 Přiřazení portů

Karty v uzlu jsou inicializovány podle kapitoly 10. Nastavení portů karet provádíme pravým klikem na zvolenou kartu v oblasti „Rozhraní“ (Obr. 11.2) → Configuration (Obr. 11.3).




Obr. 11.3: Rozhraní – Configuration

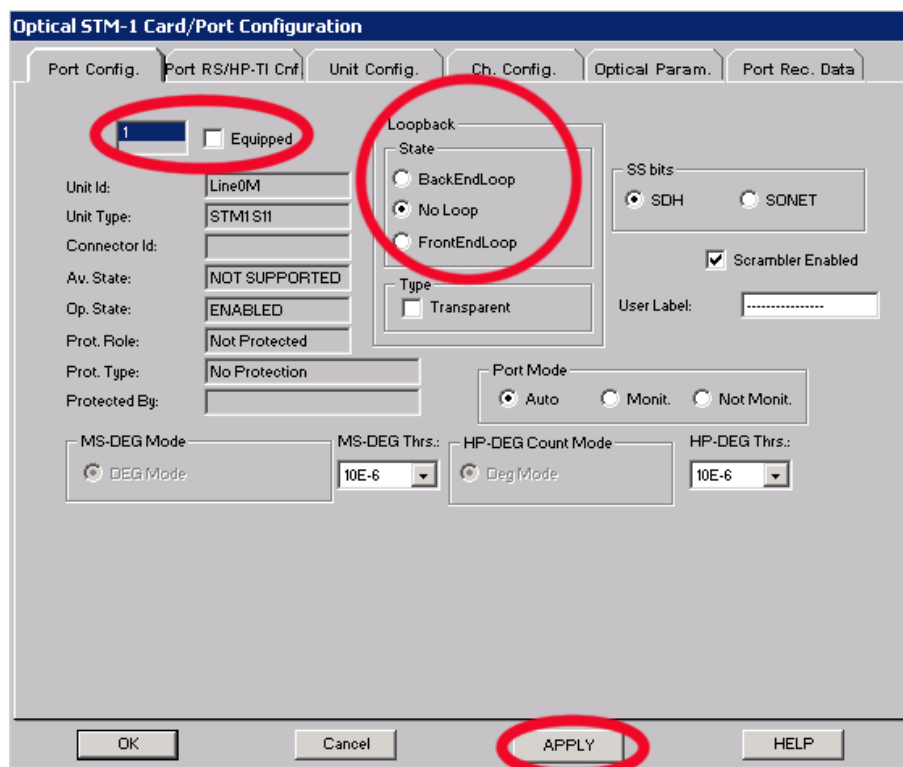
Na další okně vybereme požadovaný port, zaškrtneme „Equipped“, stiskneme „Apply“. Pokud je port správně vybrán musí se u jeho čísla objevit znak „\*“ . Vypneme použití logické smyčky v části „Loopback“ → „No Loop“

Tímto způsobem přiřadíme všechny požadované porty u všech karet. Je ovšem nutné přiřazovat pouze reálně použité porty. Přiřazením více portů a jejich následným fyzickým nepřipojení může způsobovat hlášení alarmů typu „LOS“ → ztráta signálu.

## 11.2.3 Cross – Connect

Nastavení funkce cross-connect je dostupné z hlavní nabídky Configuration → Cross Connections, případně z tlačítkové lišty ikonkou . Základní obrazovka nastavení cross-connectu:

- Line0 – Pokud je karta inicializována podle kapitoly 11.2.2 je zde nultá pozice signálu STM-1. Pокlepáním je možné pozici „rozbalit“.
- Line1 – viz Line0
- Trib0 – Obsahuje inicializované porty příspěvkové karty, např. E3
- Trib1 – viz Trib0
- Směr z – Jedna strana cesty
- Směr do – Druhá strana cesty

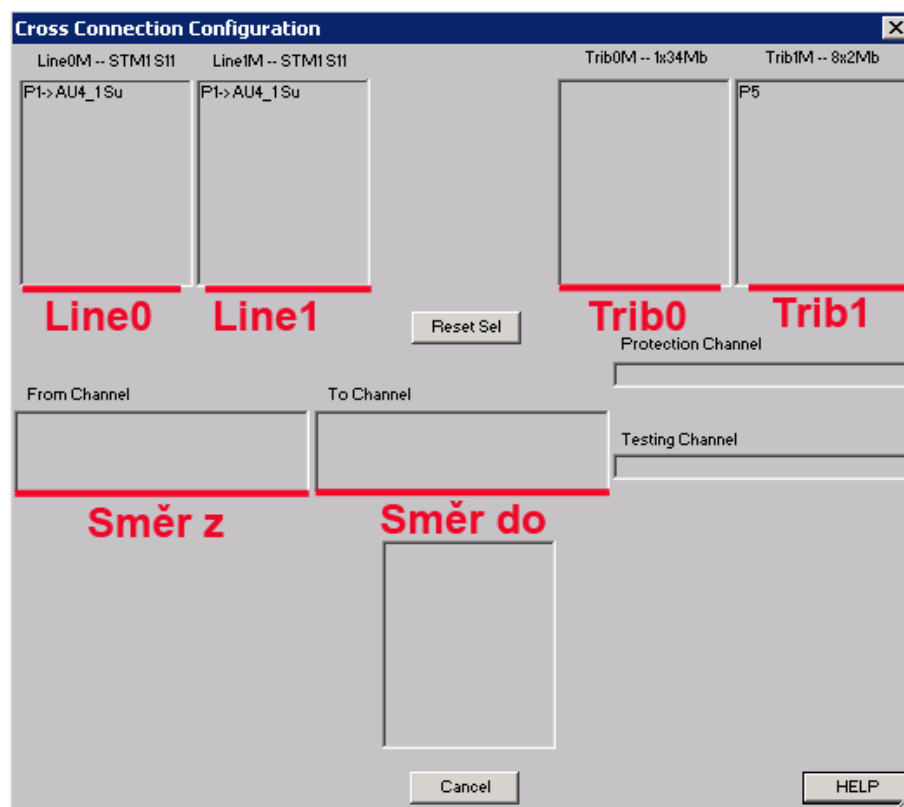


Obr. 11.4: Port

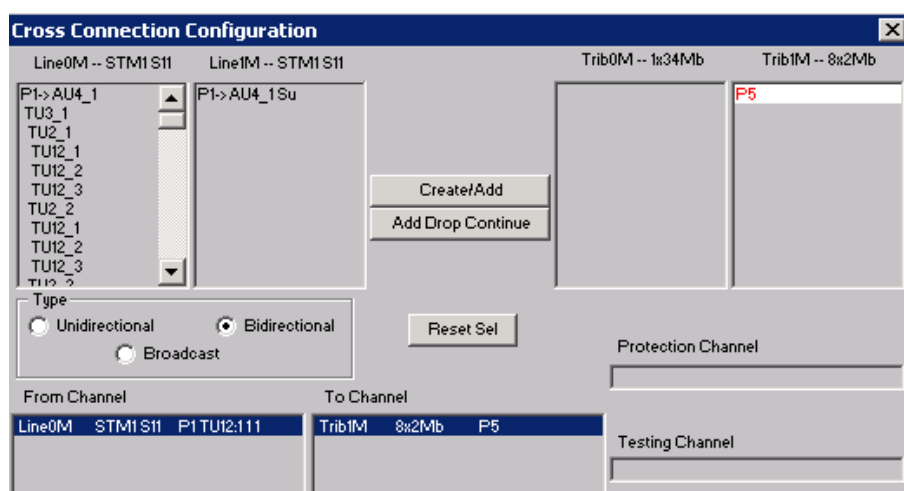
## Postup

Postup vytvoření cross-connectu je následující. Rozklikneme rámec STM-1 (Line0 / Line1) na požadovanou úroveň (viz kapitola 3.2.2). Dvojklikem se vybraný kontejner uloží do pole „Směr z“. Dvojklikem na vybraný port v části „Trib0“ resp. „Trib1“ se výběr uloží do pole „Směr do“ (obr. 11.6). Jako typ volíme „Bidirectional“. Klikem na tlačítko „Create/Add“ se vytvoří cross-connect spojení označené zelenou barvou. Tímto jsme vytvořili cross-connect spojení mezi vybranými jednotkami.

Při konfiguraci dalšího uzlu postupujeme analogicky. Je ovšem nutné si rozmyslet správný výběr karet a portů.

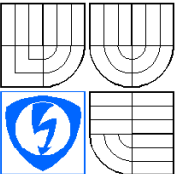


Obr. 11.5: cross-connect konfigurace



Obr. 11.6: cross-connect

## 12 PROTOKOL Č.2

 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ		Předmět <b>Vysokorychlostní komunikační systémy</b>	
		Jméno	
		Ročník	Studijní skupina
		Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval		Hodnocení	Odevzdáno dne:
Číslo úlohy	Název úlohy  <b>Přenos E1 přes SDH okruh</b>		

### Zadání úlohy

1. Seznamte se s pracovištěm, přenosovým zařízením PCM30U a SDH multiplexory MSH11CP.
2. Nastudujte principy začleňování E1 do SDH.
3. Za pomoci dvou zařízení PCM30U, dvou SDH multiplexorů propojte a nakonfigurujte linku mezi účastníky.
4. Ověřte funkci hovorem.
5. Závěr a odpovězení na kontrolní otázky.
  - Co znamená stuffing?
  - Co znamená zkratka FAS.
  - Umožňuje SDH začlenění ATM buňky?
  - Přenosová rychlost STM-1. Výpočet.

### Vypracování

- Seznámili jsem se s pracovištěm a přenosovým zařízením PCM30U i SDH multiplexory.
- Nakonfigurovali jsem linku přes směry A (RM1A) do SDH multiplexorů. Propojili kanálové intervaly 11 a 28. Obousměrné spojení. Začlenili jsme E1 do kontejneru VC-4 pole STM-1.
- Ověřili realizované spojení hovorem.

## Vyhodnocení

Seznámili jsem se s teorií PCM přenosu 1. řádu. Vytvořili linku, která byla přenášena v námi určeném kanálovém intervalu. Při práci nevznikly žádné problémy.

Odpovědi:

- Stuffing je vložení nevýznamového bitu do posloupnosti dat za účelem dorovnání časové synchronizace.
- FAS: Synchroskupina rámcového souběhu
- Ano, SDH umožňuje začleňovat ATM buňky.
- Rychlost STM-1:  $270 \cdot 9 \cdot 8 \text{ b} \cdot 8000 \text{ Hz} = 155520000 = 155,52 \text{ Mb/s}$ .

## 13 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce si kladla za cíl seznámit mě s technologiemi používanými při přenosu hlasu a datových informací v telekomunikační síti. V průběhu semestru jsem se seznámil s technologií pulsně kódové modulace a jejího využití v evropské hierarchii E1. Dalším bodem bylo seznámení se synchronní digitální hierarchií. Principem začleňování příspěvkových signálů. Informace jsem čerpal z citované literatury popř. ze znalostí získaných v průběhu dosavadního bakalářského studia.

Získané informace jsem využil k vytvoření zapojení „horká linka“ mezi zařízeními PCM30U firmy TTC. V laboratoři máme dvě tato zařízení. Propojení je realizováno metalickým spojením. Vstupy a výstupy zařízení jsou vyvedeny na patch panel pro snadnější a přehlednější konfiguraci. Po správném zapojení je možno komunikovat mezi telefony přes E1 linku.

Dalším bodem bylo vytvoření SDH okruhu, do kterého jsou multiplexovány E1 příspěvkové signály generované zařízením PCM30U. SDH okruh tvoří 3 multiplexory MSH11CP 1. řádu firmy Marconi propojené optickým okruhem. Příspěvkové E1 signály jsou připojeny přes patch panel konektory RJ-45.

## LITERATURA

- [1] BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005].  
Dostupné z URL: <<http://www.boldis.cz/citace/citace.html>>.
- [2] VODRÁŽKA, J; HAVLAN, M. *Přenosové systémy – Sítě a zařízení SDH a jejich návrh*. Praha: České vysoké učení v Praze, 2009. Stránky 1-205. ISBN 978-80-01-04217-5.
- [3] ŠKORPIL, Vladislav *Digitální komunikační technologie*. Brno: MJ Servis, 2002. Stránky 1-140. ISBN 80-214-2244-0.
- [4] ITU. *International Telecommunication Union: G.703*. [Online]. 2001 [cit. 27. 11. 2010]  
Dostupné z URL: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.703/en>>.
- [5] ITU. *International Telecommunication Union: G.711*. [Online]. 1988 [cit. 15. 11. 2010]  
Dostupné z URL: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-198811-I/en>>.
- [6] ITU. *International Telecommunication Union: G.704*. [Online]. 1998 [cit. 5. 11. 2010]  
Dostupné z URL: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.704-199810-I/en>>.
- [7] TTC Marconi. *PCM30U–OCH dokumentace 3UST*. [Online]. 2008 [cit. 12. 11. 2010]  
Dostupné z URL: <[http://web.ttc.cz/pcm30sup/dok/3ust\\_cz.html](http://web.ttc.cz/pcm30sup/dok/3ust_cz.html)>.
- [8] ROSENBERG, Michal. *Názorné uplatnění nového přenosového zařízení*. Brno, 2010.
- [9] VeEx Incorporated. *TX300/E OTN/SDH/SONET and Ethernet e-Manual*. [Dokument] Santa Clara, California, USA.

## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

SDH Synchronní digitální hierarchie – Synchronous Digital Hierarchy

STM Synchronní transportní modul – Synchronous Transport Module

STM-1 Synchronní transportní modul level 1 – Synchronous Transport  
Module-level 1

PCM Pulzně kódová modulace – Pulse-Code Modulation

ITU Mezinárodní telekomunikační unie – International Telecommunication Union

CAS Signalizace po společném kanále – Channel Associated Signalling

FAS Synchronskupina rámcového souběhu – Frame Alignment Signal

PDH Plesiochronní digitální hierarchie – Plesiochronous Digital Hierarchy

SONET Synchronní optická síť – Synchronous Optical Network

ATM Asynchronní transportní mód – Asynchronous Transfer Mode

VC-4 Virtuální kontejner 4. řádu – Virtual Container

TTC TTC – Telekomunikace

$f_{\text{vz}}$  vzorkovací kmitočet

$f_{\text{m}}$  minimální frekvence