

# Digitální přenosové systemy

**Digitalizace hovorového signálu**

# 1. VZORKOVÁNÍ SIGNÁLU V ČASE

## 2. Kvantování

## 3. Kódování

Jednotkový impuls:

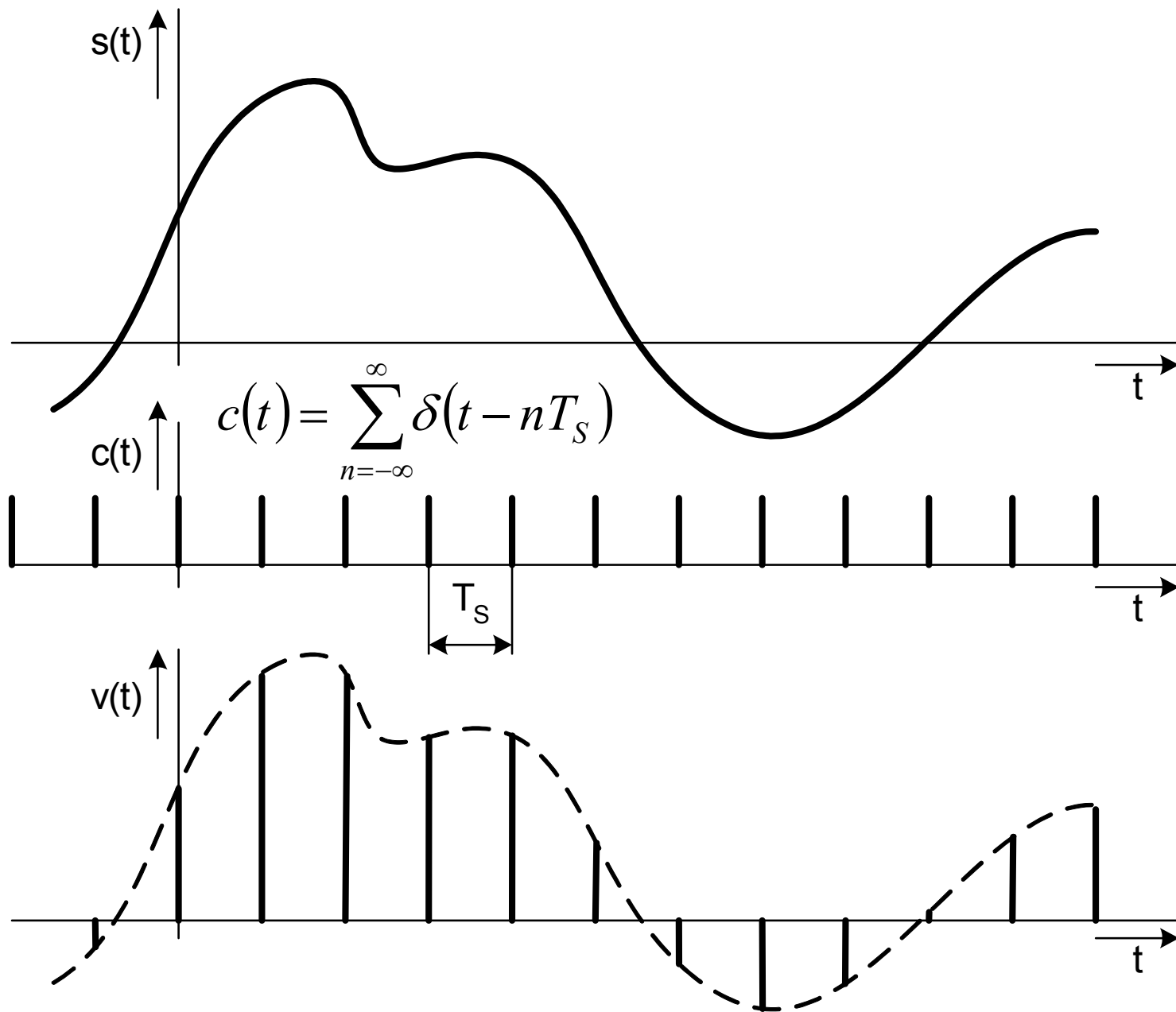
$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \dots t = 0 \\ 0 & \dots t \neq 0 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

Vzorkovaný signál... $s(t)$

Vzorky..... $v(t)$ :

$$v(t) = s(t) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$$

# Ideální vzorkování



Přenášený signál  $s(t)$  je **frekvenčně omezený** s nevyšší přenášenou složkou ve spektru  $f_M$ . Pak

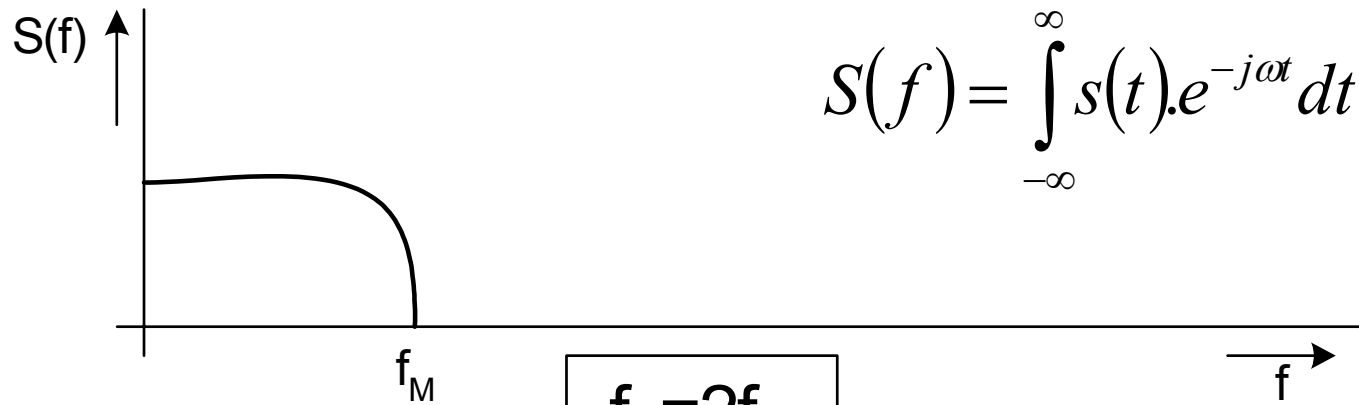
$$T_S \leq 1/(2f_M)$$

nebo jinak

$$f_S \geq 2f_M$$

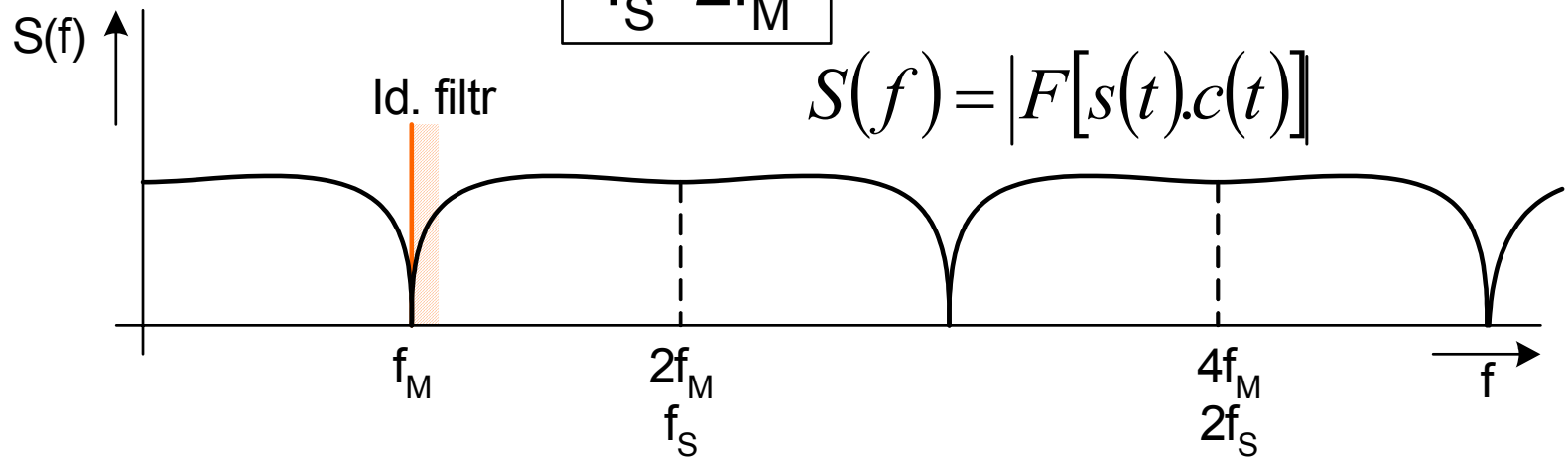
Vzorkovací teorém (S-K) říká, že funkce  $s(t)$  je plně určena svými vzorky  $s(nT_S)$ , přičemž může být z těchto vzorků plně obnovena (rekonstruována) bez zkreslení.

DŮKAZ:  
Výsledné spektrum

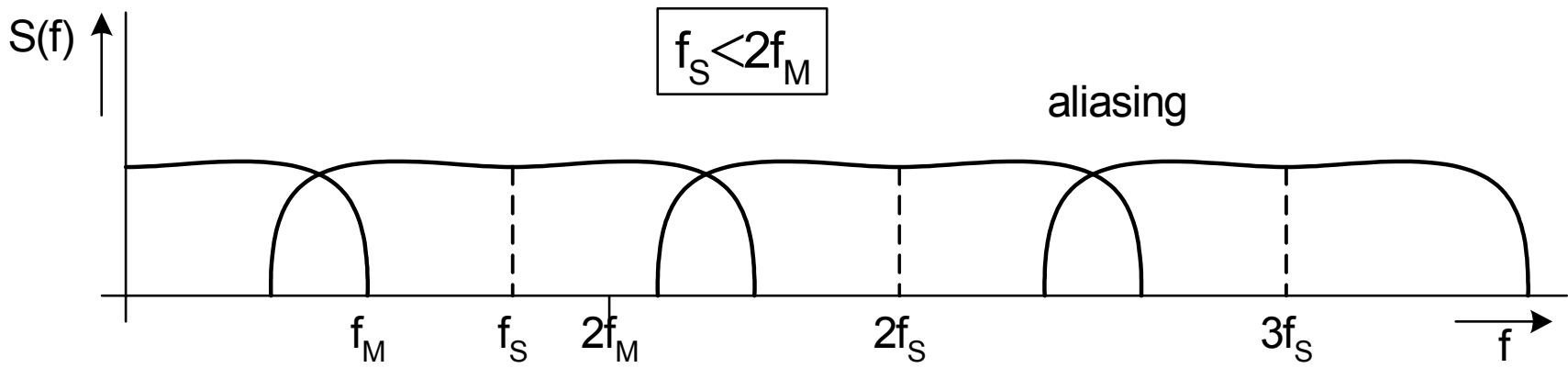
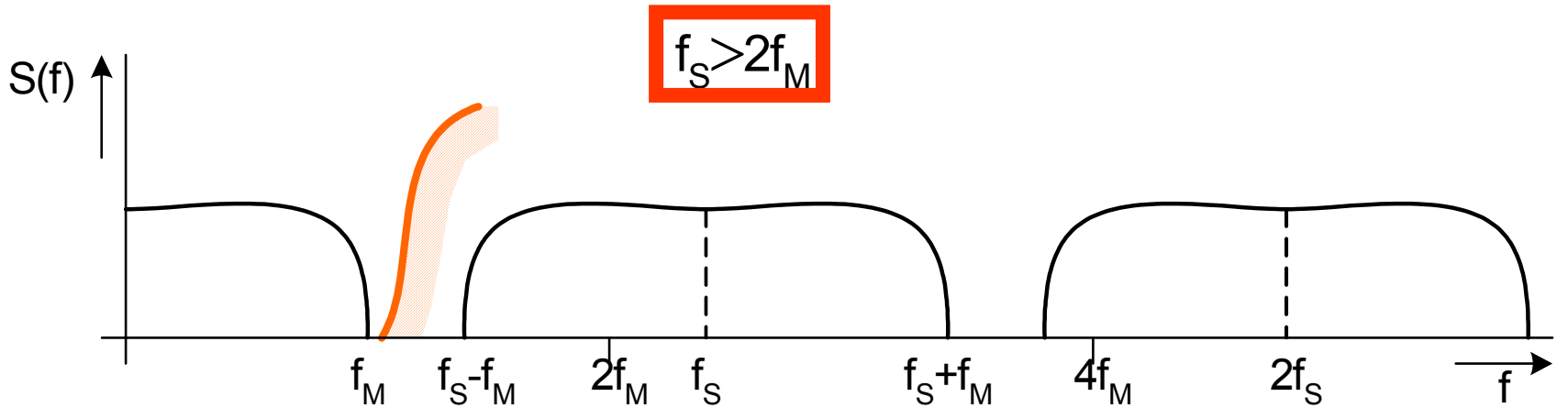


$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot e^{-j\omega t} dt$$

$$f_S = 2f_M$$

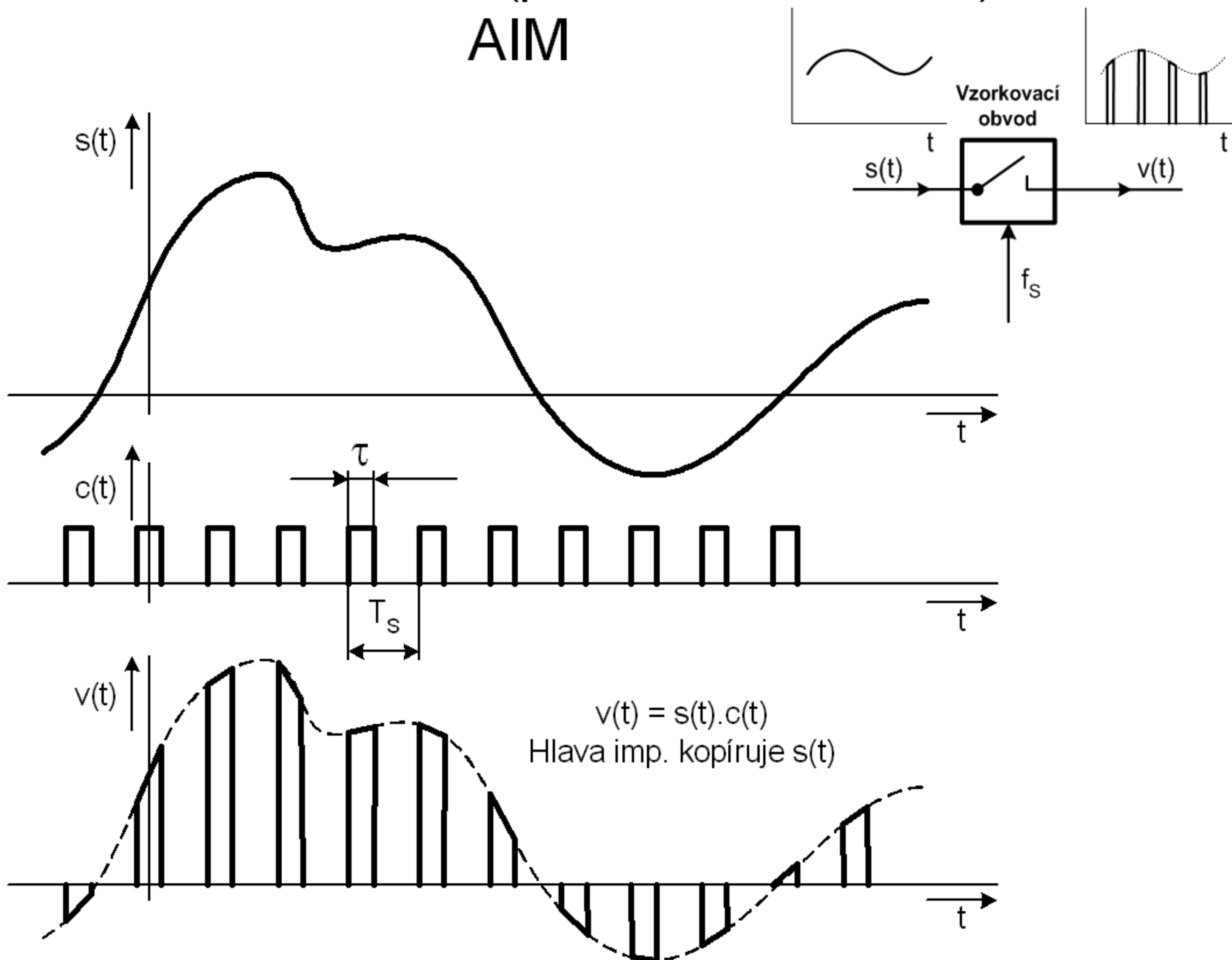


$$S(f) = |F[s(t) \cdot c(t)]|$$

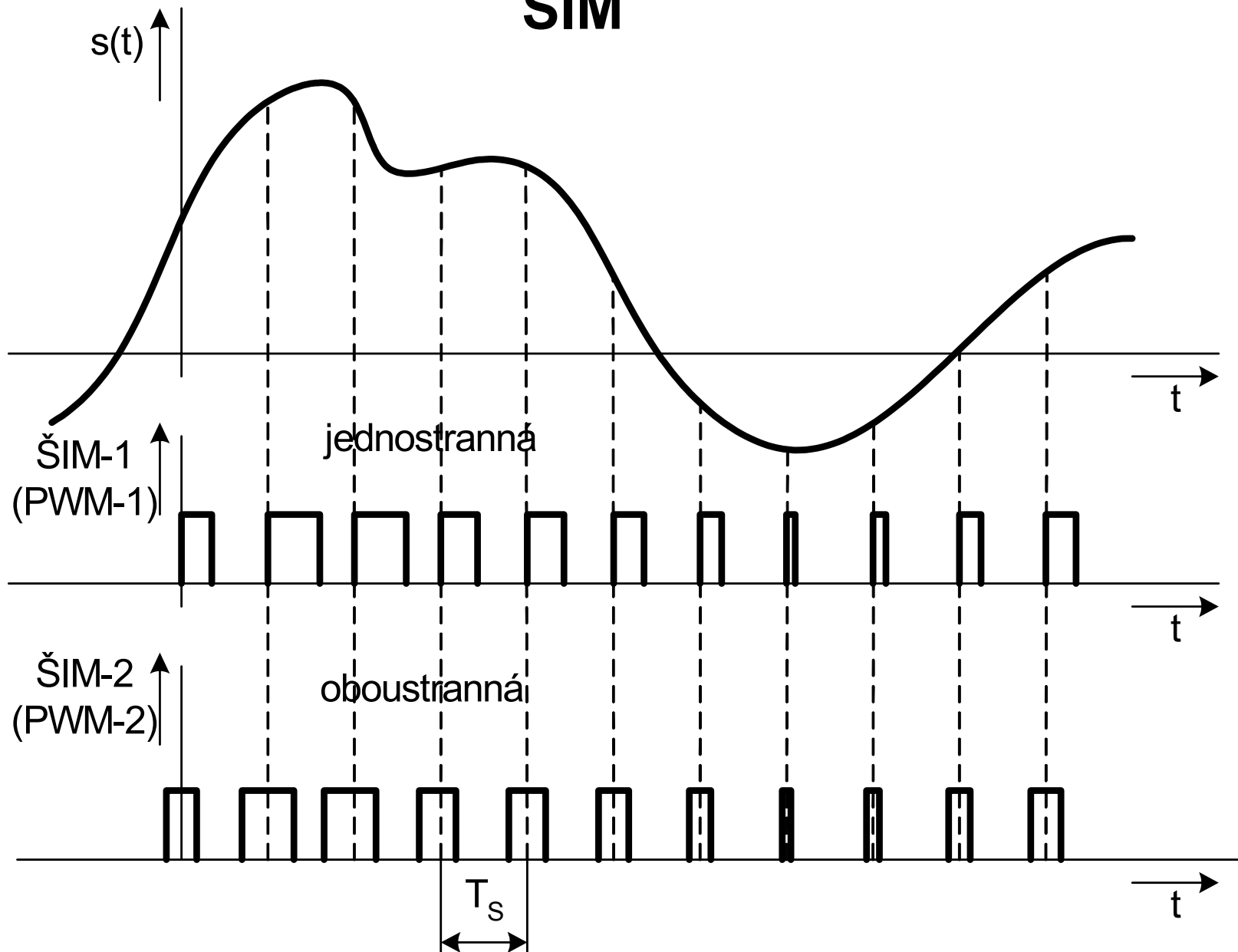


# Vzorkování 1. druhu (přirozené vzorkování)

## AIM



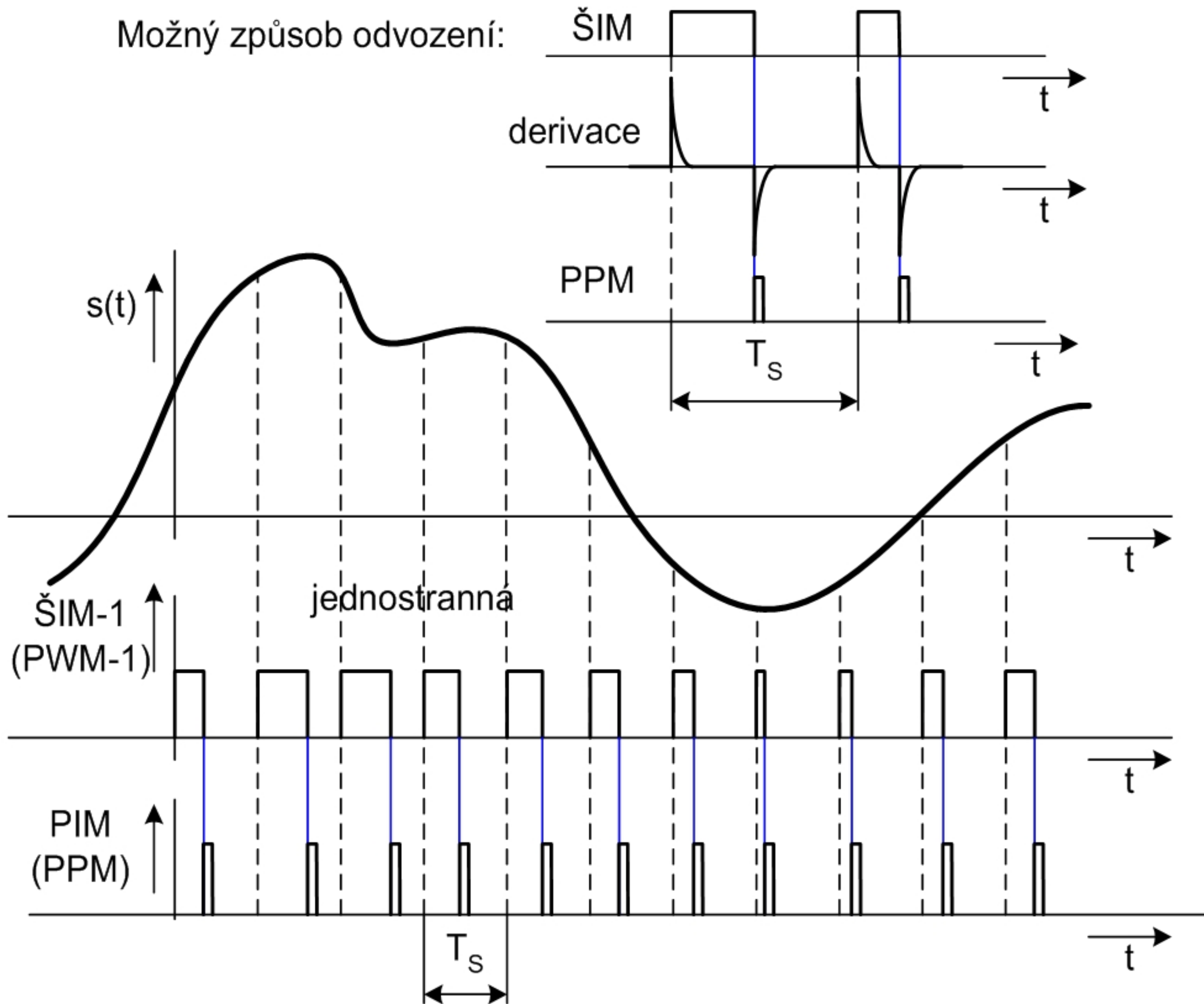
# ŠIM





# PIM

Možný způsob odvození:



# Digitalizace hovorového signálu

Metody používané v telekomunikační technice – 2 základní skupiny:

1. Kódování vzorků časového průběhu (Waveform Coding)
2. Kódování parametrů zdroje hovorového signálu (Source Coding)

Základní metody první skupiny:

**PCM** – pulsně kódová modulace

DPCM – diferenciální pulsně kódová modulace

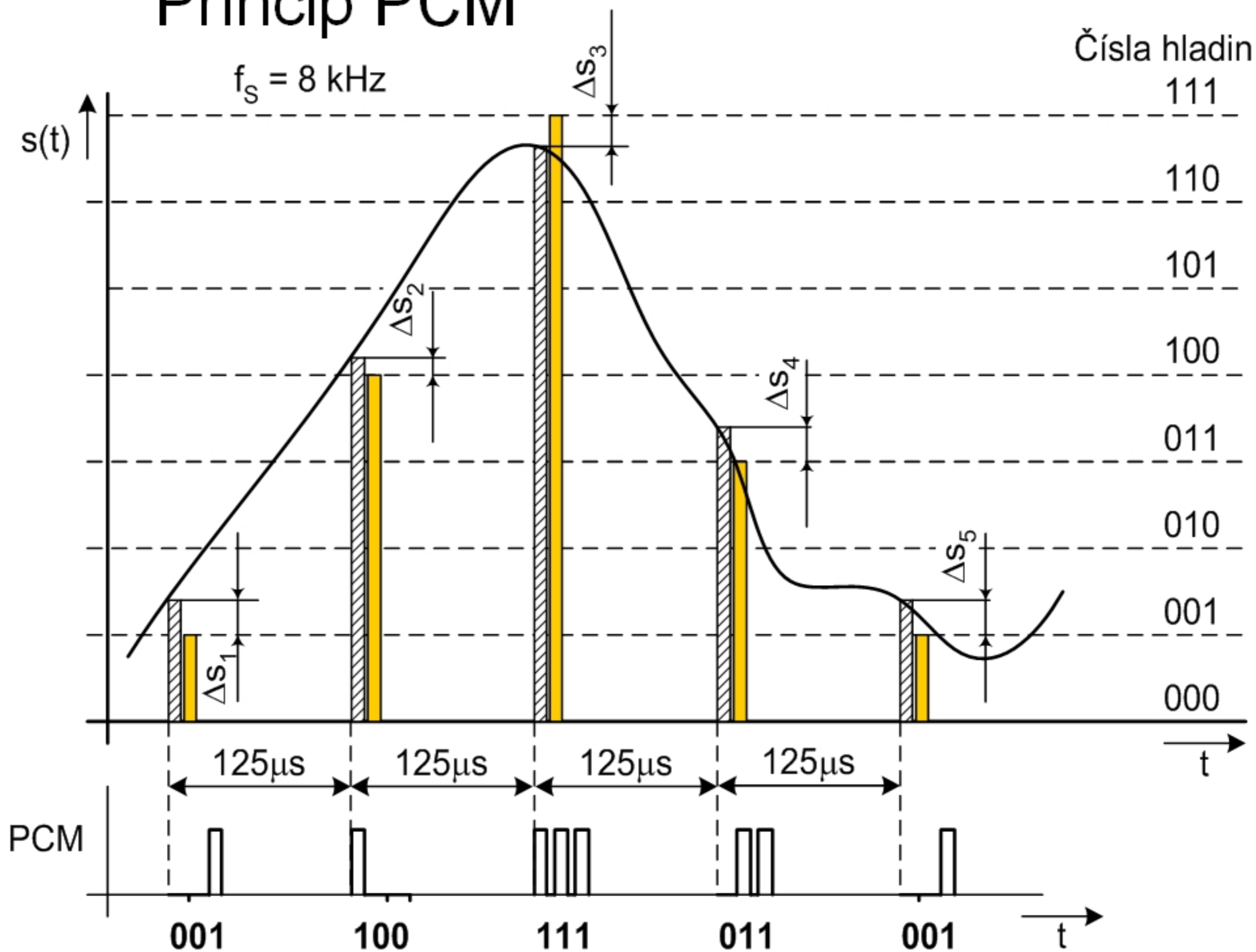
ADPCM - adaptivní diferenciální pulsně kódová modulace

DM – delta modulace

ADM – adaptivní delta modulace

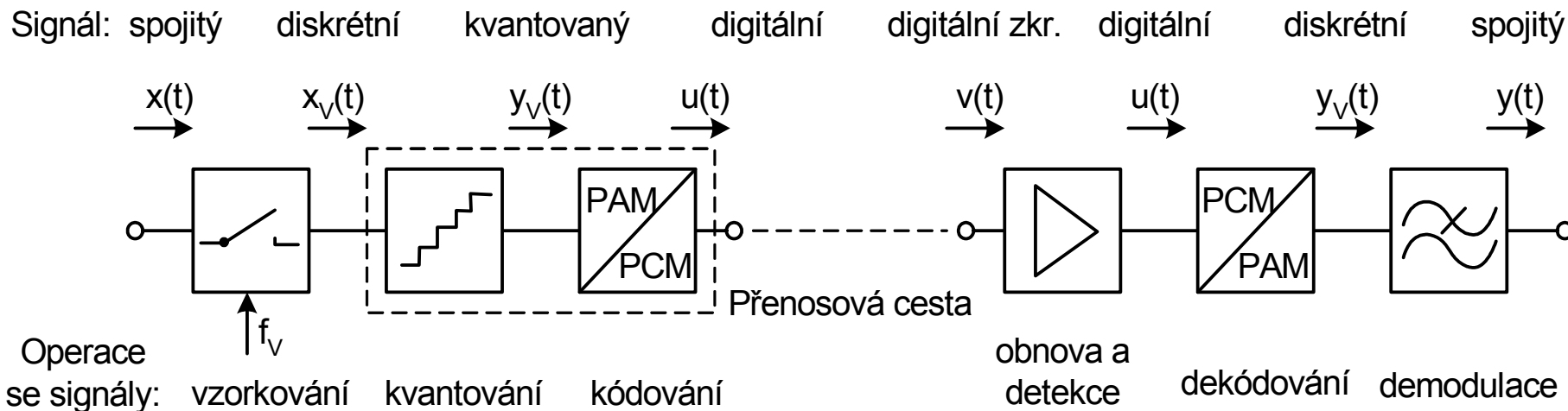
VOKODÉR

# Princip PCM



$\Delta s_i$  - chyba při zaokrouhlení - kvantizační šum - kvantizační zkreslení

3-bitový kód - počet hladin =  $2^3 = 8$



## Standard ITU (CCITT) pro telefonii

-Standardní telefonní kanál – (0,3 – 3,4)kHz

-Vzorkování     $f_V = 8\text{kHz}$      $T_V = 125\mu\text{s}$

-Kódování    8 bitů    nelineární kódování

-Kvantování    počet hladin  $N = 2^8 = 256$

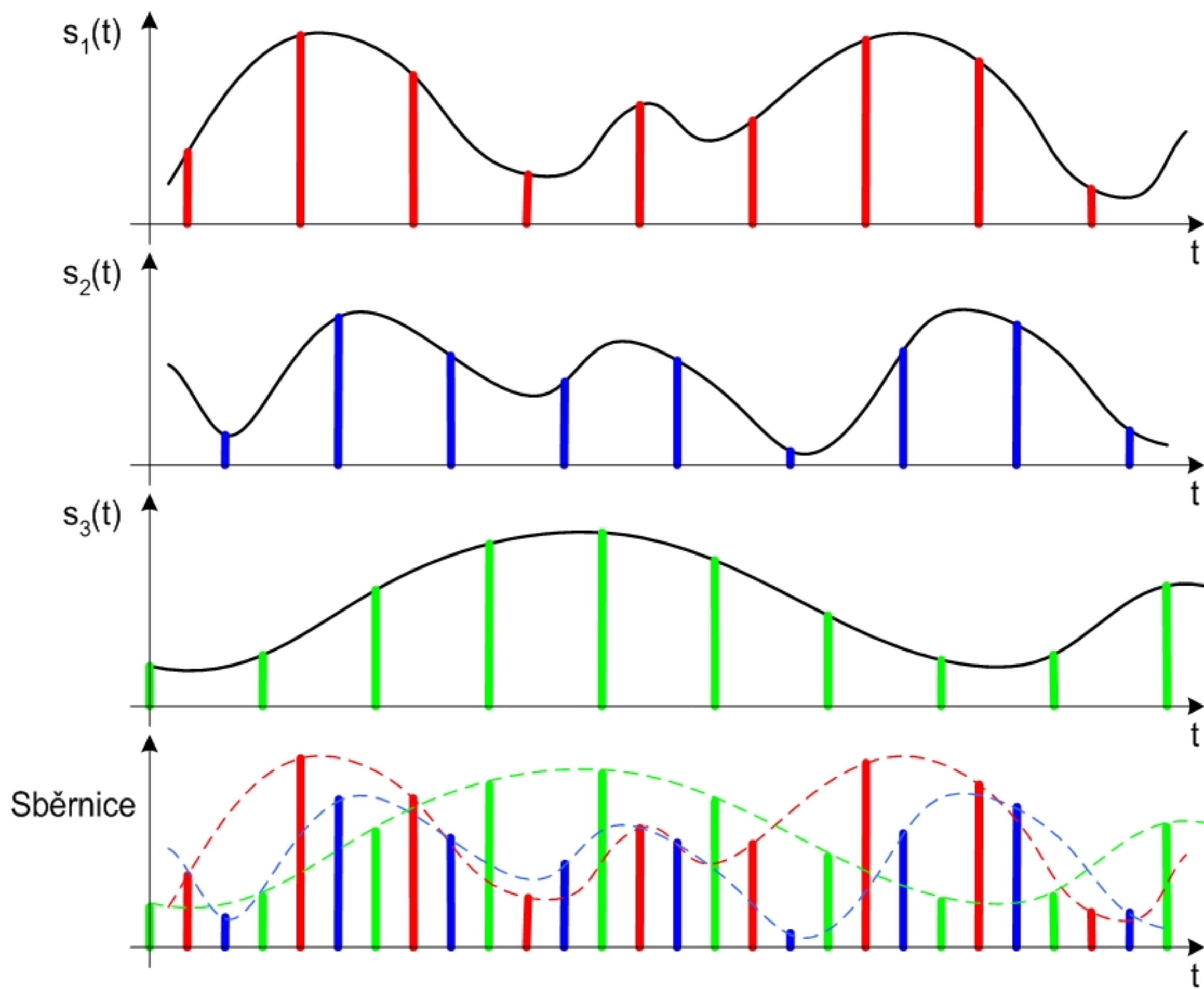
-Přenosová rychlost na jeden kanál  $v_P = 8 \cdot 8 \cdot 10^3 = 64 \text{ kbit/s}$

# Číslicové systémy

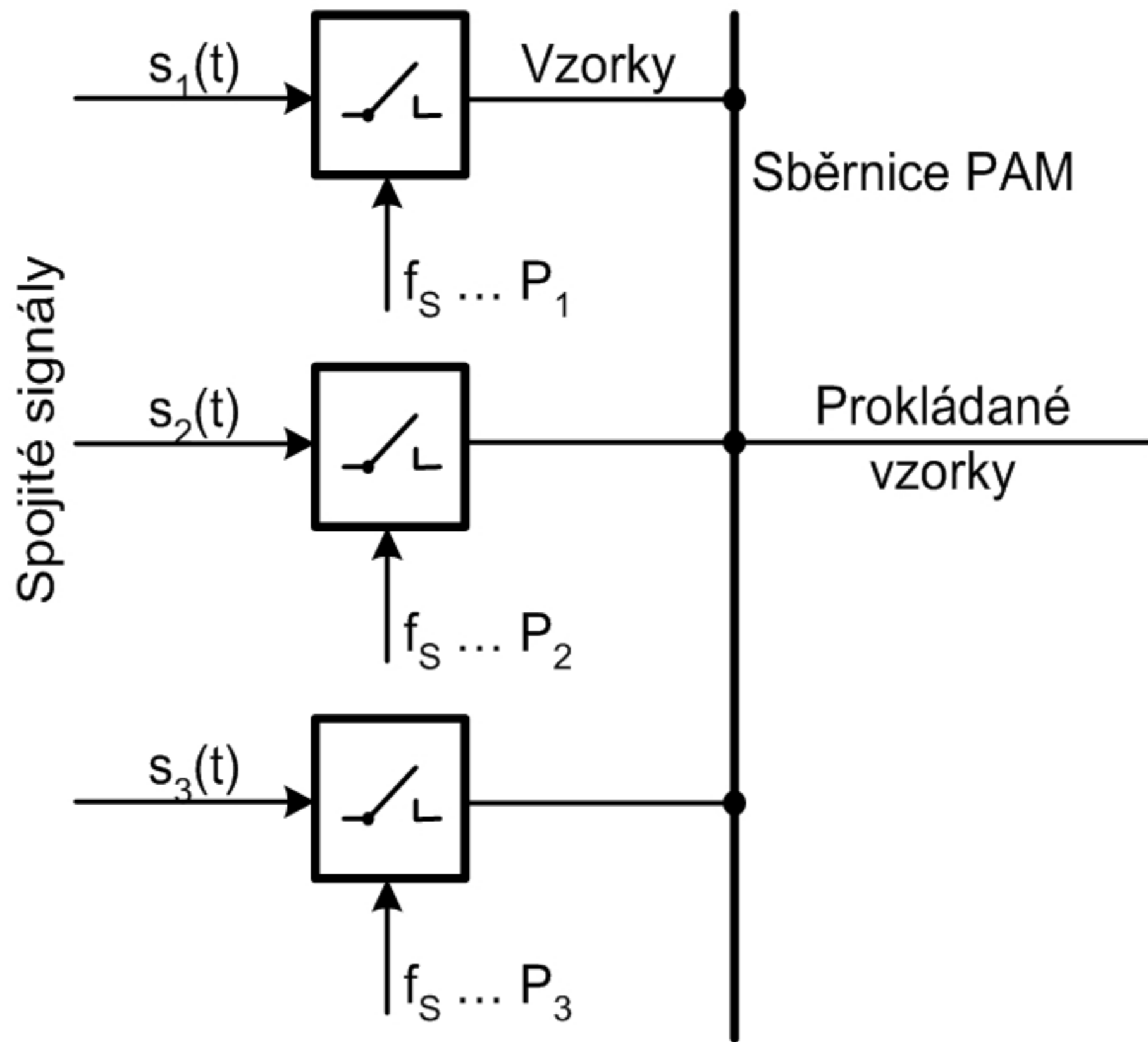
TDM

PCM multiplex

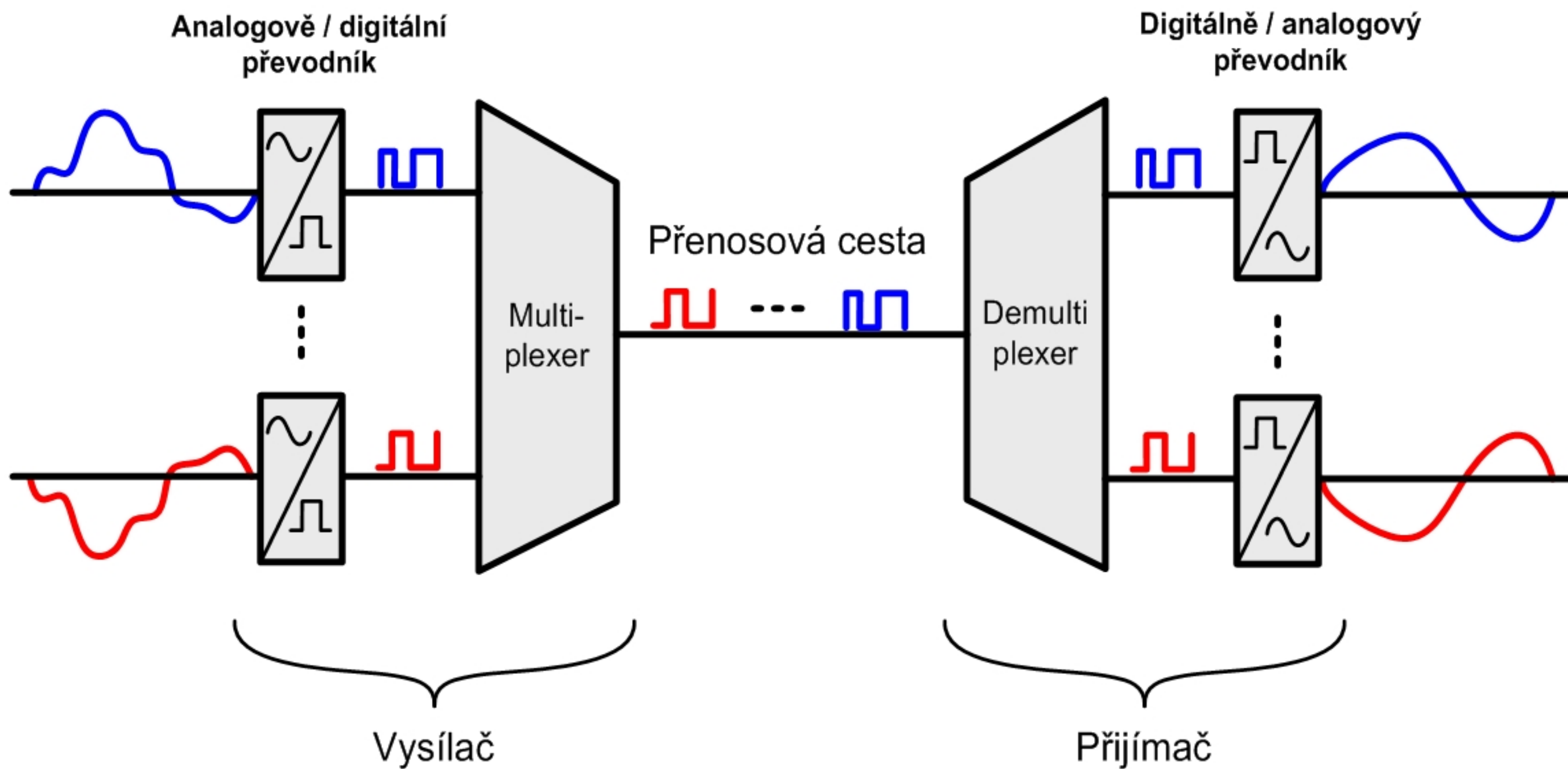
# Princip TDM



$f_s$  je vždy stejné, ale jiná časová poloha  $P_i$

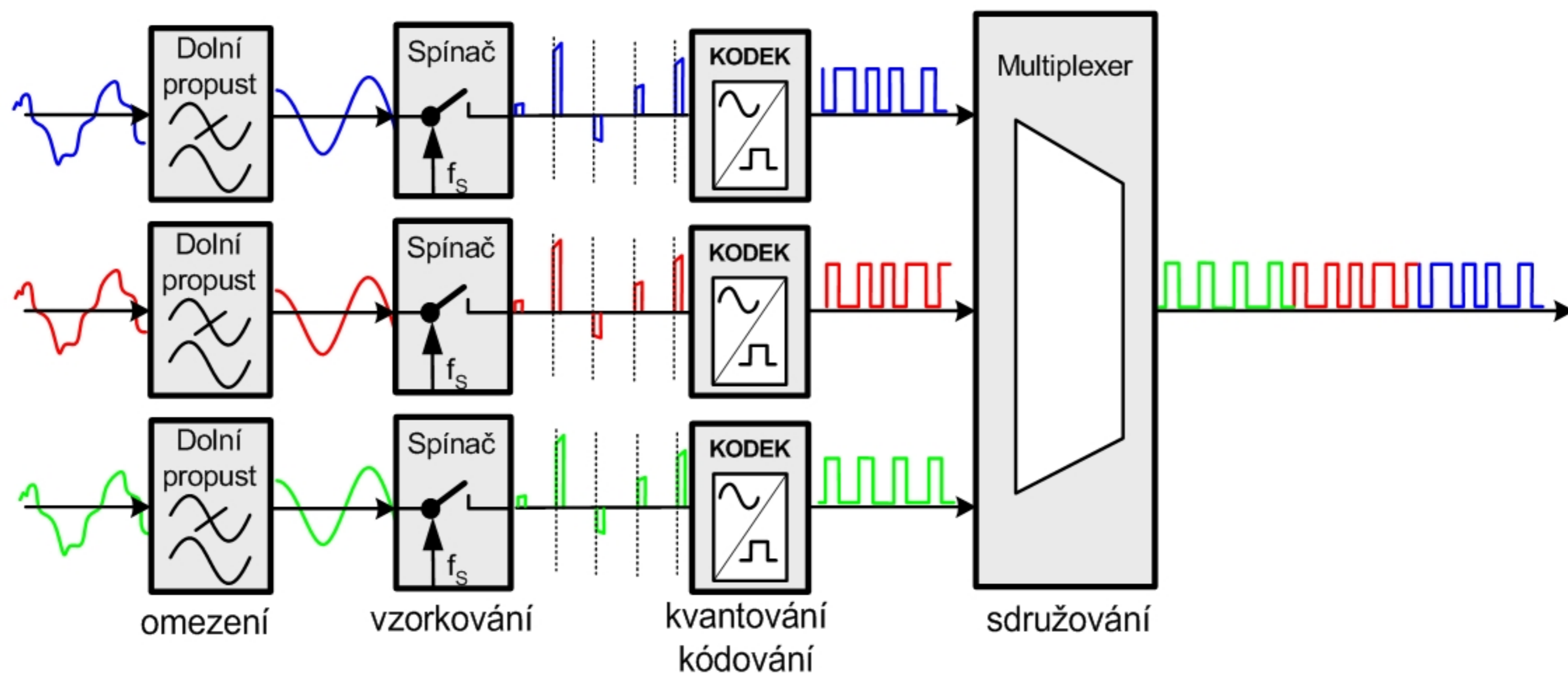


Každý PCM systém má tyto základní komponenty:



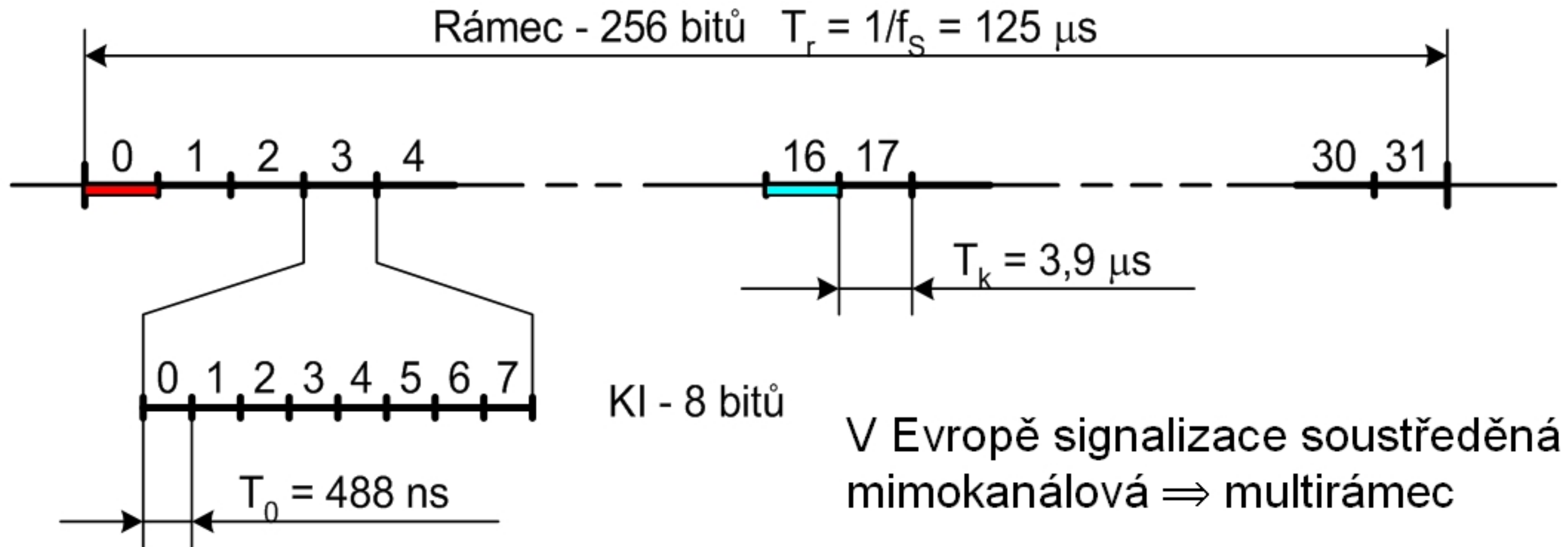


8-bitová binární slova několika telefonních signálů jsou přenášena postupně v opakovaných cyklech. Mezi dvěma binárními slovy stejného telefonního signálu jsou vysílána postupně binární slova ostatních telefonních signálů. Takto je vytvořen PCM časově dělený multiplexní signál.



## Rámec 1. řádu PCM 30/32

$$v_p = 8 \cdot 32 \cdot 8 \cdot 10^3 = 2,048 \text{ Mbit/s}$$



V Evropě signalizace soustředěná  
mimokanálová  $\Rightarrow$  multirámec

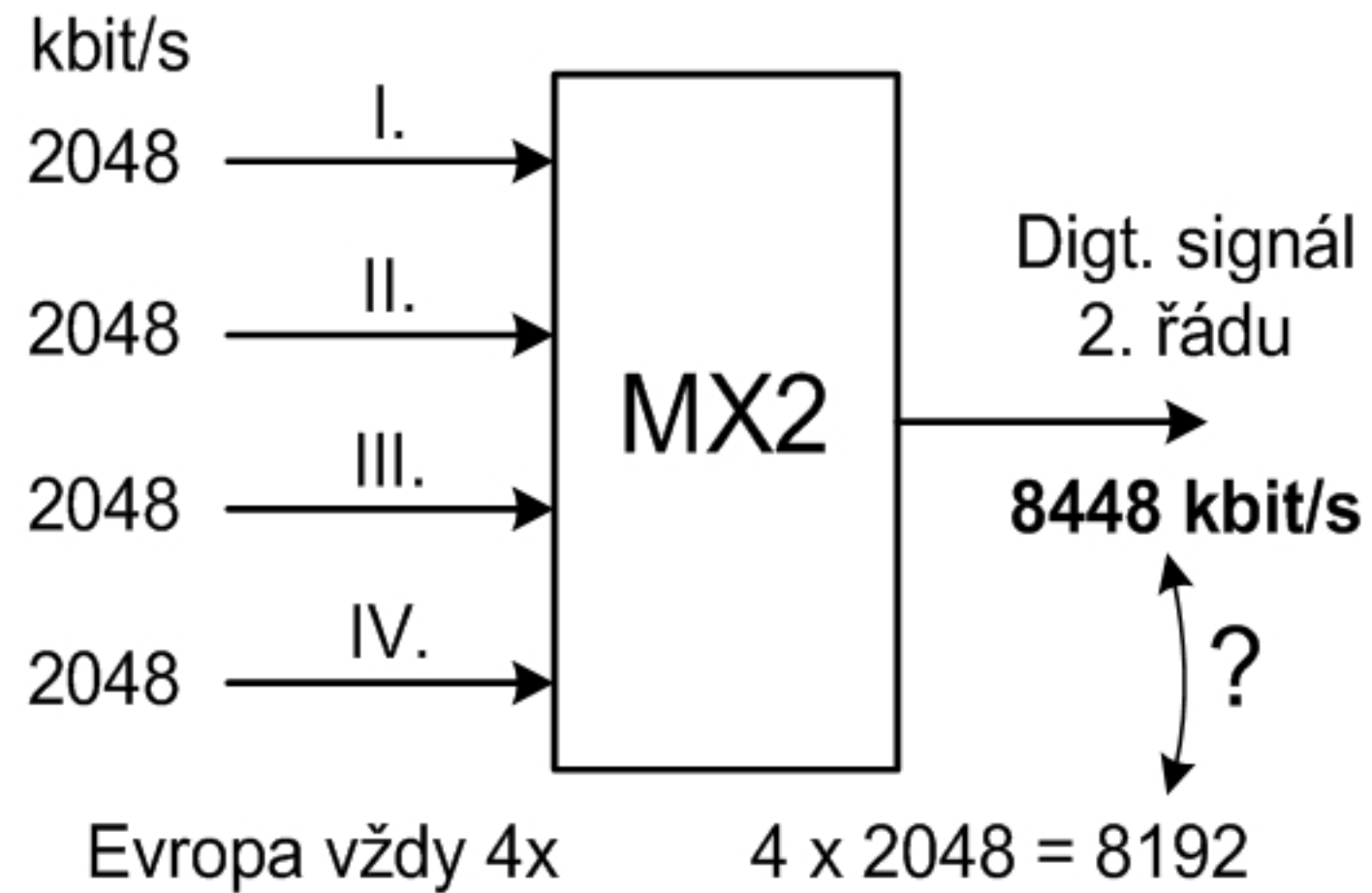
Kompanze – A-zákon

**KI** – kanálový časový interval (timeslot – TS)

- **0** - synchronizace
- **16** – signalizace
- Ostatní TS – „hovorové“ (běžné – CTS - current time slot)

# VYŠŠÍ ŘÁDY PDH

Vyšší přenosové rychlosti



Sdružování prokládáním

STFFING

Navíc další služební bity

## Jmenovité rychlosti přenosu PDH - Evropa

Řád	$v_p$ [Mbit/s] zaokrouhleno	$v_p$ [kbit/s]	Počet tlf. k.
1.	<b>2</b>	$2\,048 \pm 50 \cdot 10^{-6}$	30
2.	<b>8</b>	$8\,448 \pm 30 \cdot 10^{-6}$	120
3.	<b>34</b>	$34\,368 \pm 20 \cdot 10^{-6}$	480
4.	<b>140</b>	$139\,264 \pm 15 \cdot 10^{-6}$	1920
5.	<b>562</b>	561922 standardizace nedokončena	7680

# Hierarchické stupně SDH

označení	STM-0	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
$V_p$ [Mbit/s]	51,84	155,52	622,08	2488,32	9953,28	39813,12

Podstupeň STM-0 byl doplněn byl doplněn pro kompatibilitu se standardem SONET (Synchronous Optical NETWORK).

## Možnost přepravy

### – příspěvkové signály:

- Signály PDH
- signály ISDN
- buňky ATM
- datagramy IP

**Terminologie – RÁMEC** má v různých fázích zpracování různé označení:

**C** – kontejner (Container)

**VC** – virtuální kontejner

**TU** – příspěvková jednotka (Tributary Unit)

**TUG** – skupina příspěvkových jednotek (TU Group)

**AU** – administrativní jednotka (Administrative Unit)

**AUG** - skupina administrativních jednotek

**STM-N** – synchronní transportní modul