

## **Analogová technika**

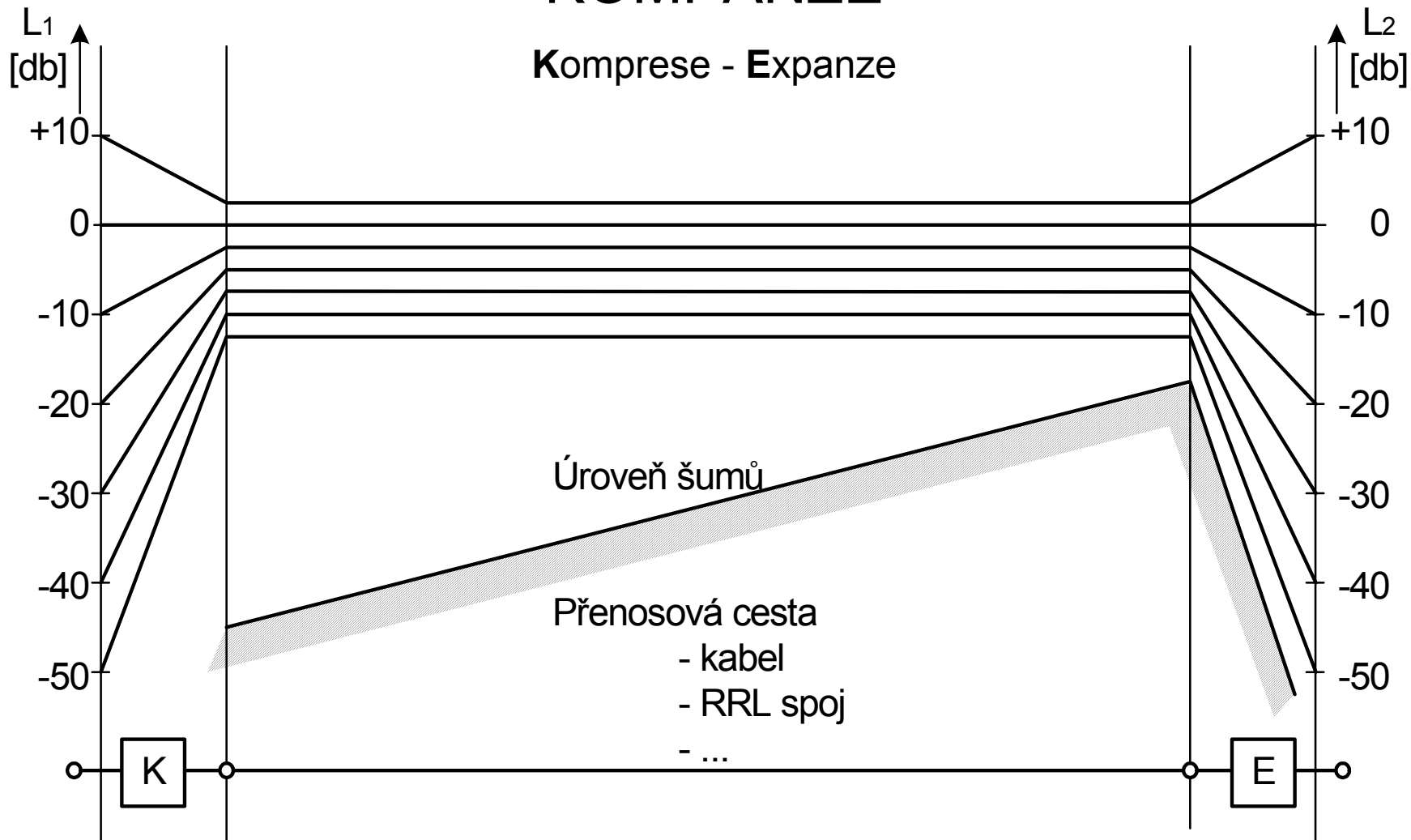
- kompanze
- NF spoje
- nosná telefonie

## **Multiplexní systémy**

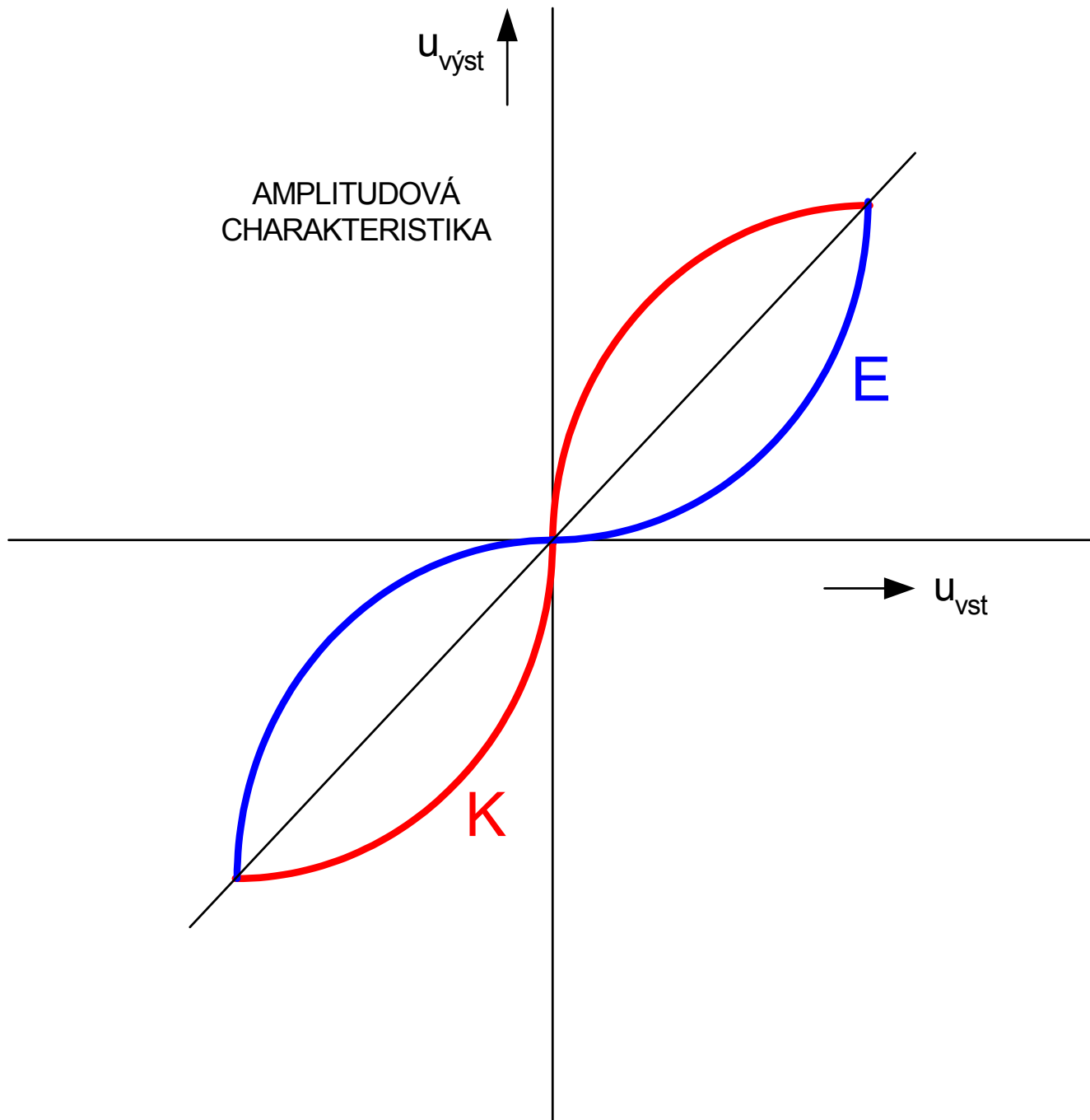
## **Přenos číslicových signálů analogovým systémem**

# KOMPANZE

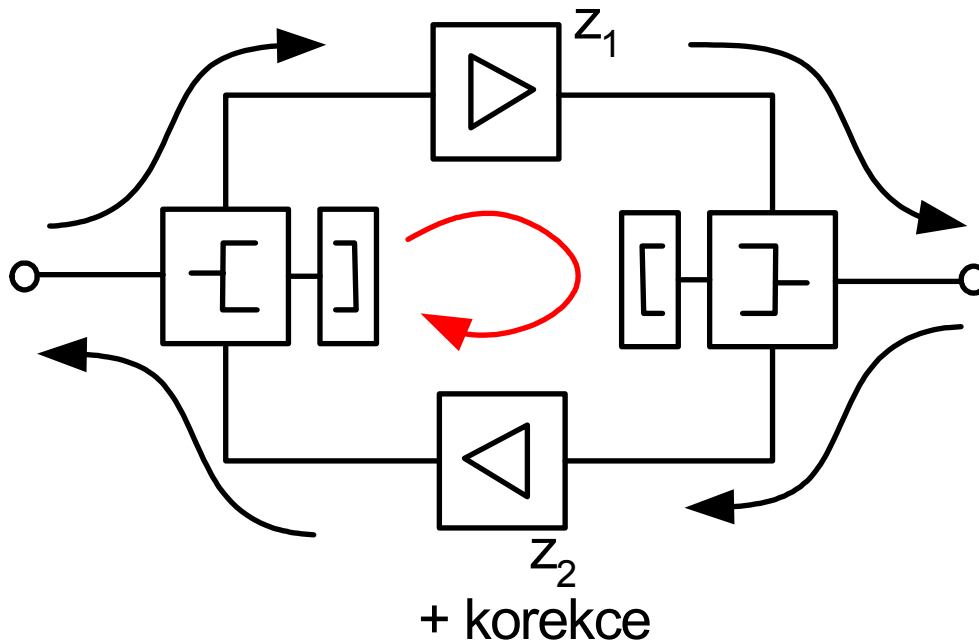
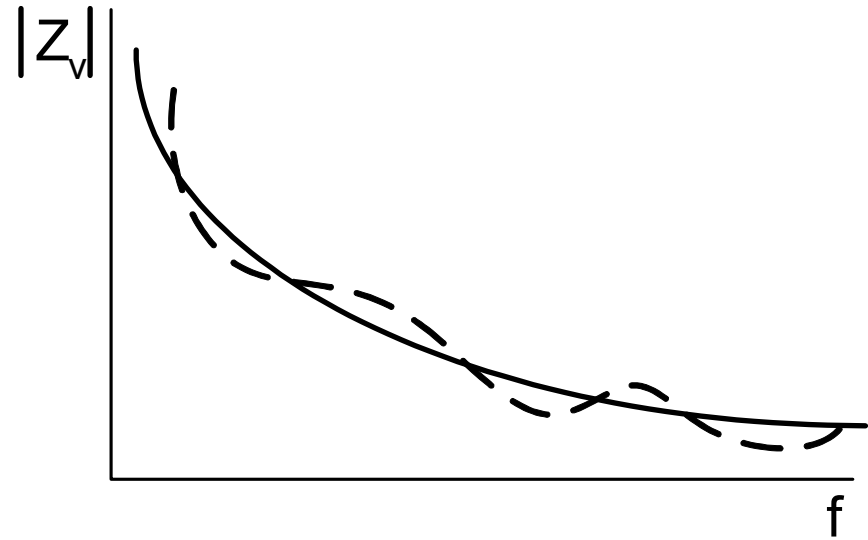
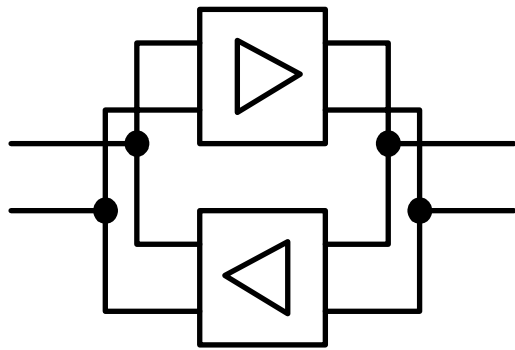
Komprese - Expanze



AMPLITUDOVÁ  
CHARAKTERISTIKA

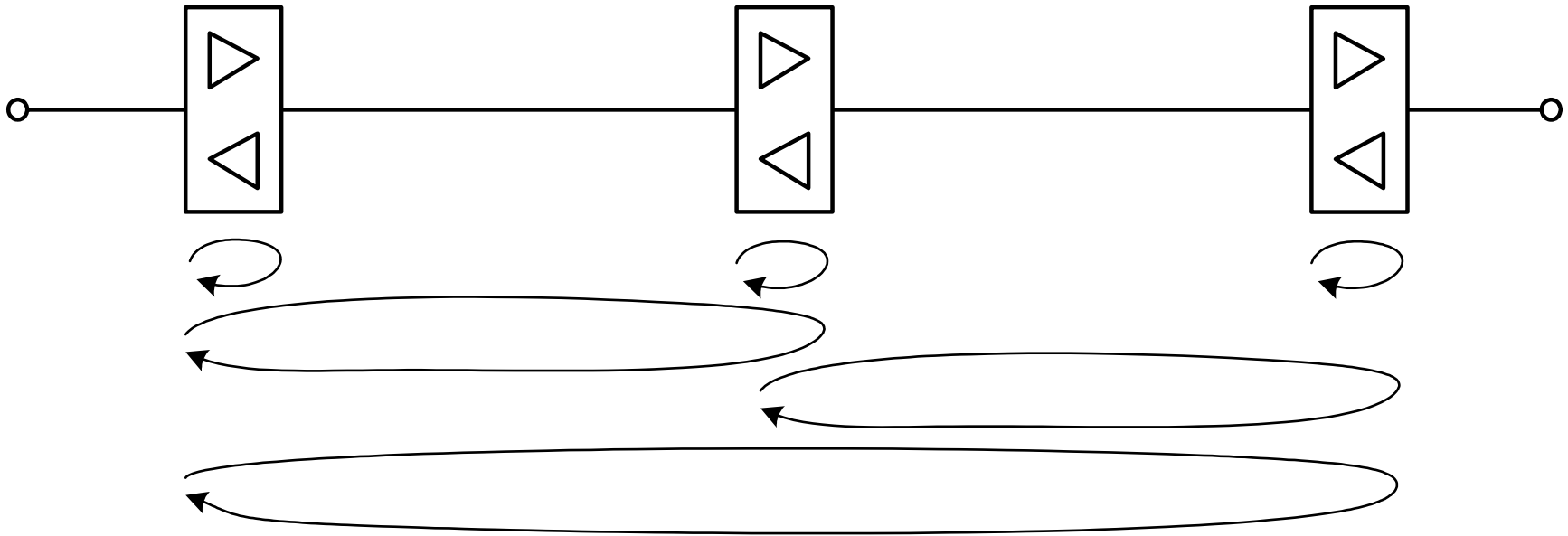


# Dvoudrátový NF spoj



Amplitudová a  
fázová  
podmínka

# STABILITA



Kritický zisk zesilovače (dojde k rozkmitání):

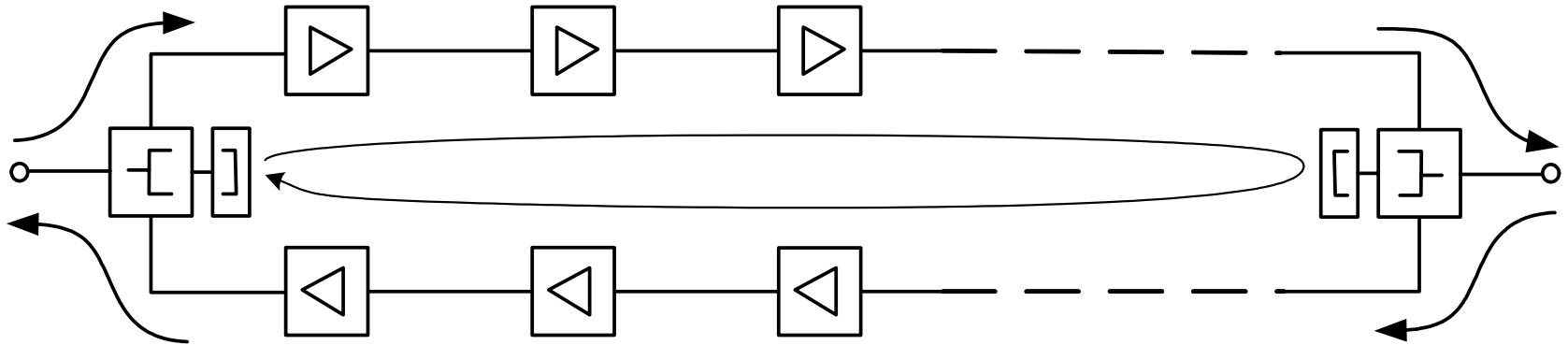
$$z_k = (a_{n1} + a_{n2}) / 2$$

$$\sigma = z_k - z \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\frac{z_1 + z_2}{2}}$$

Zhoršení

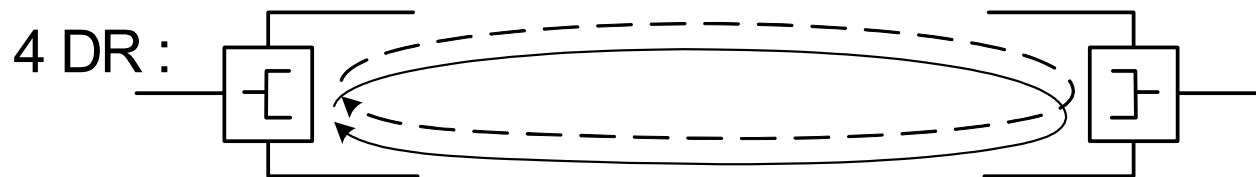
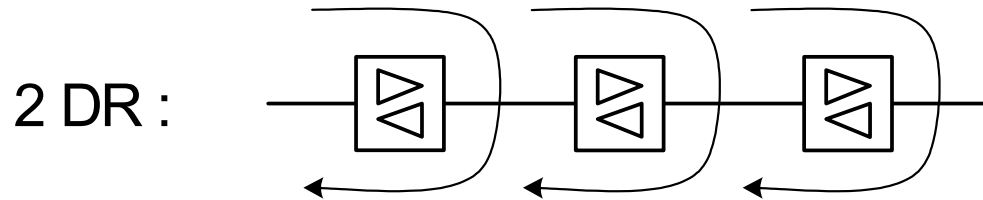
$\Delta\sigma = 10 \log n$ , kde  $n$  je počet smyček

# Čtyřdrátový NF spoj

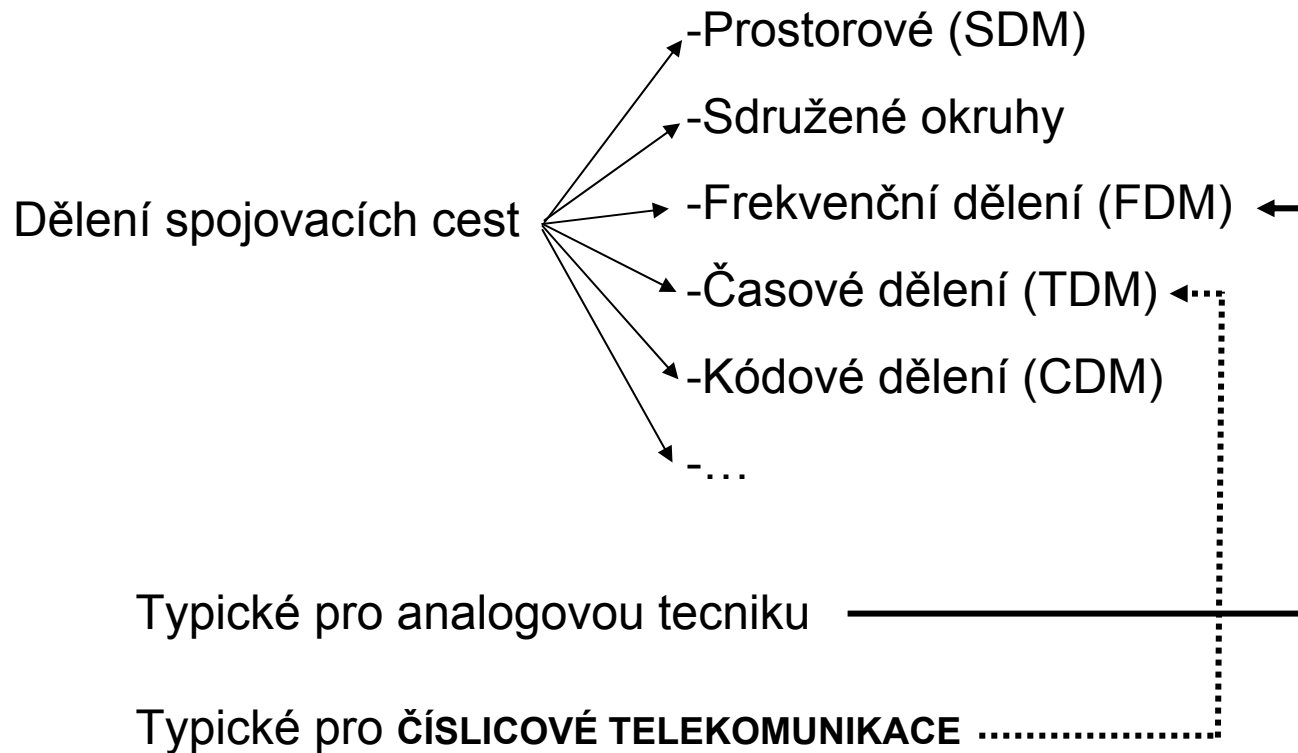


$$\sigma = z_k - z_z = a_z - \text{nezávisí na počtu průběžných zesilovačů}$$

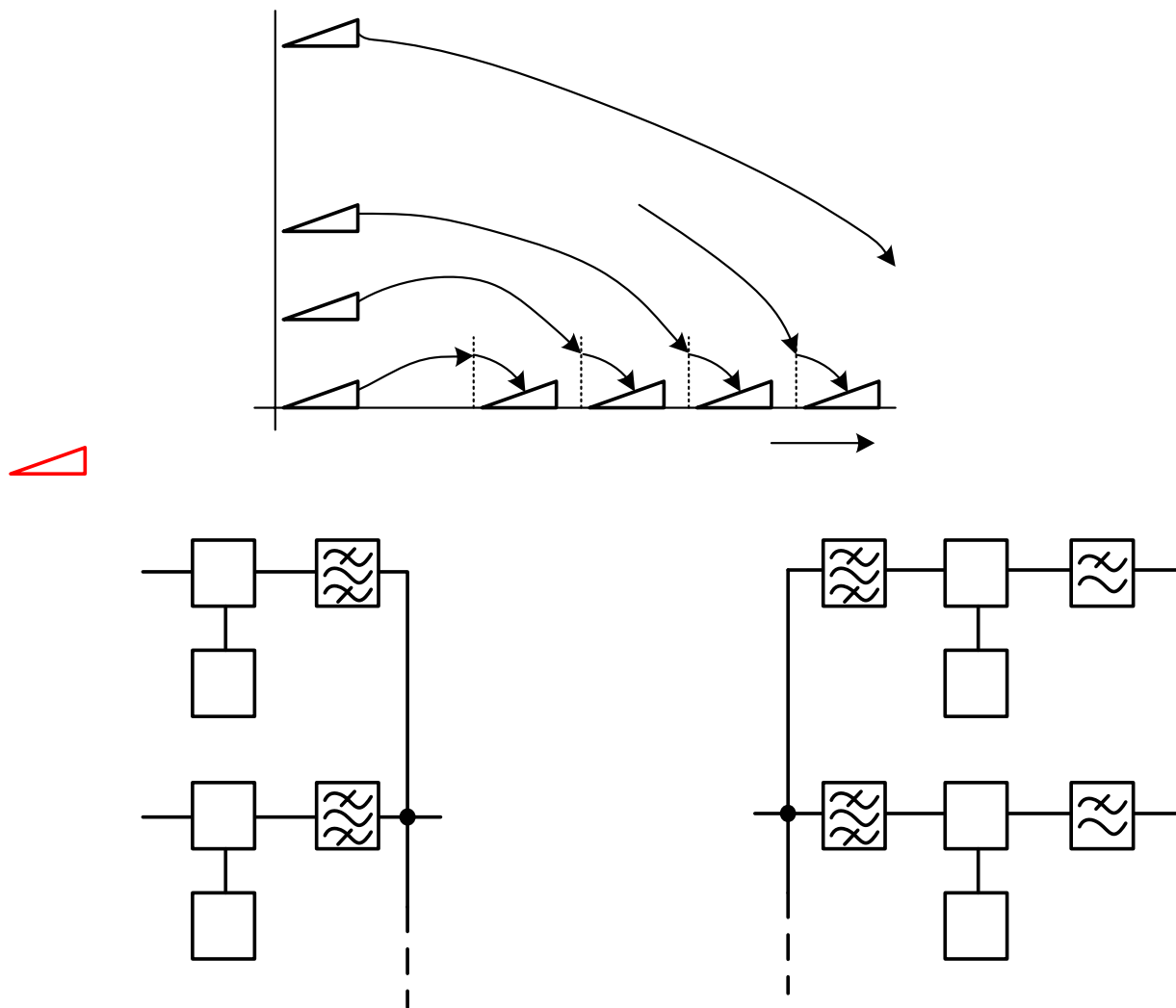
Ozvěny - větší zpoždění více ruší - zábrany ozvěn



# MNOHOKANÁLOVÉ SYSTÉMY - MULTIPLEXY



# NOSNÁ TELEFONIE -Princip frekvenčního dělení



Dle CCITT pro tlf. kanál rezervovány 4 kHz (při šířce kanálu 3,1 kHz)

oddělitelnost



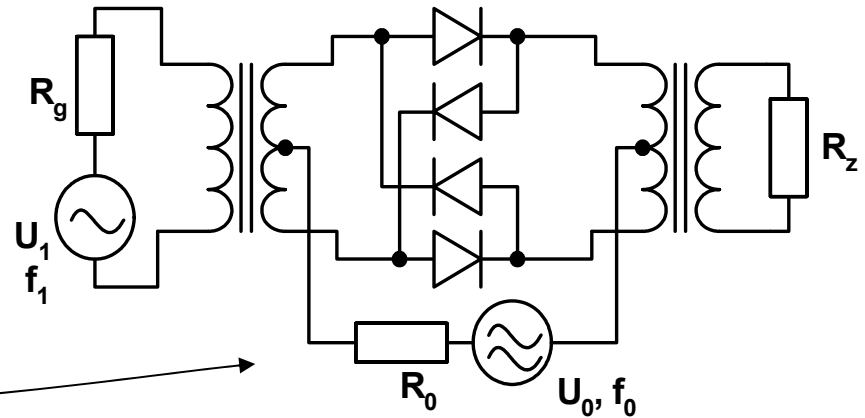
# Modulátory pro nosnou telefonii

Dvojitý dvojitý modulátor

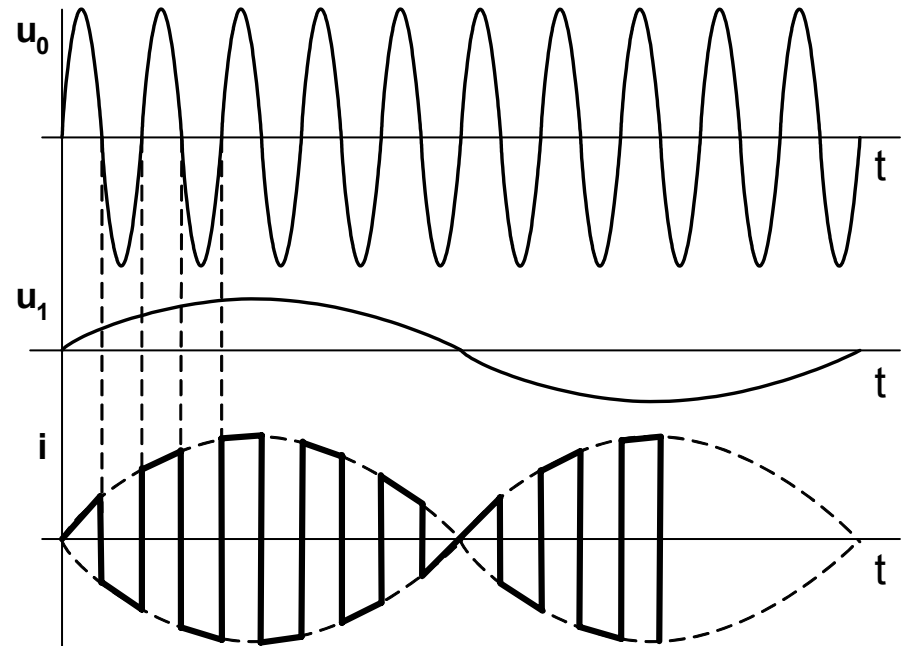
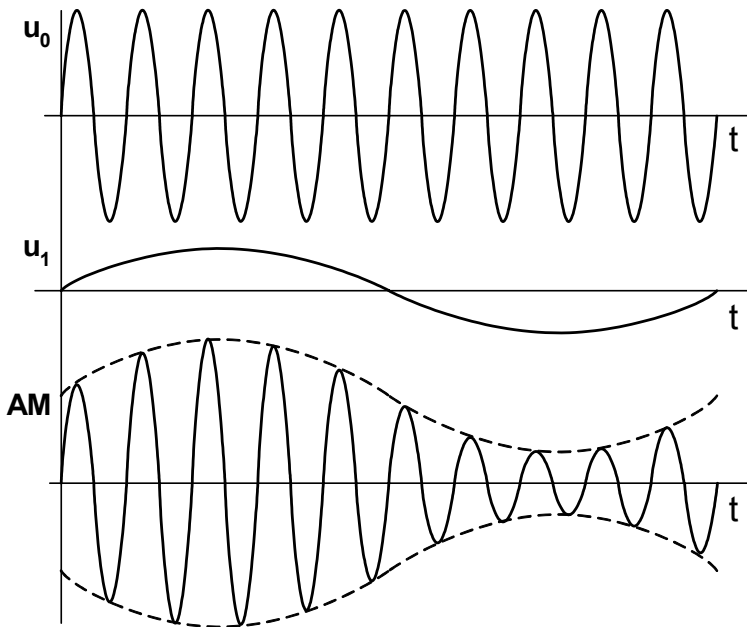
- celá řada zapojení s různými prvky
- typický **kruhový modulátor**

POTLAČUJE NOSNOU !

Přepínání

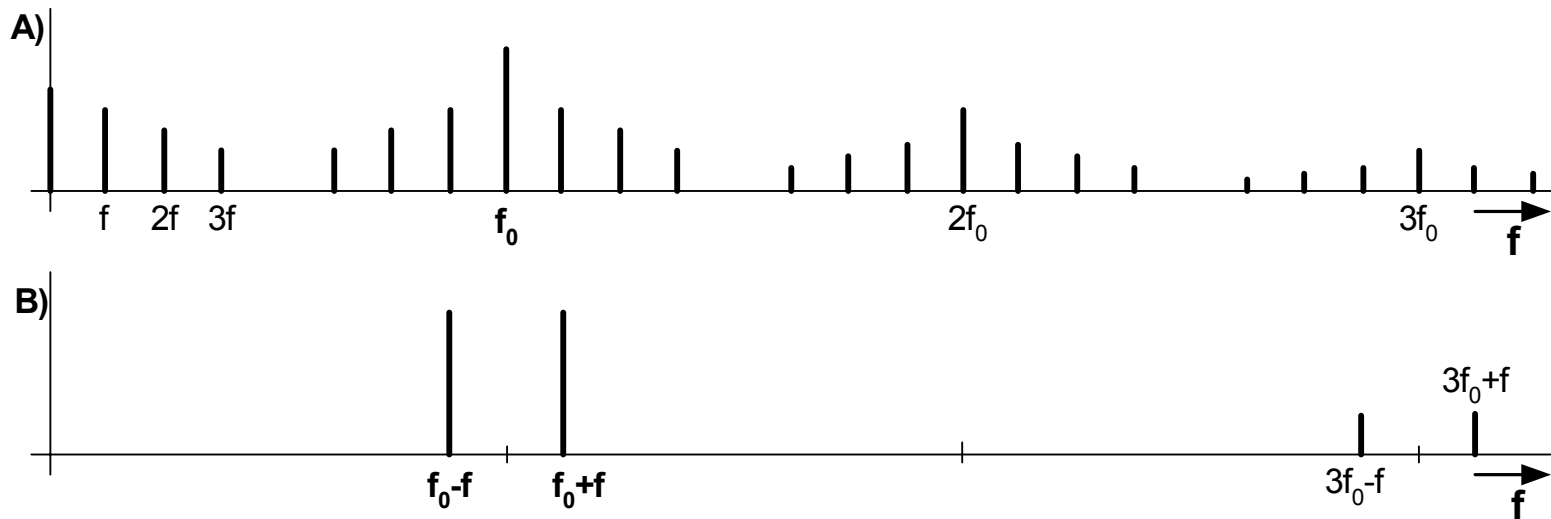


Pro porovnání AM



# Porovnání spekter

- „čistota“ spektra – oddělení jednoho postranního pásma
- energetické poměry



A) Jednoduchý modulátor s obecnou charakteristikou

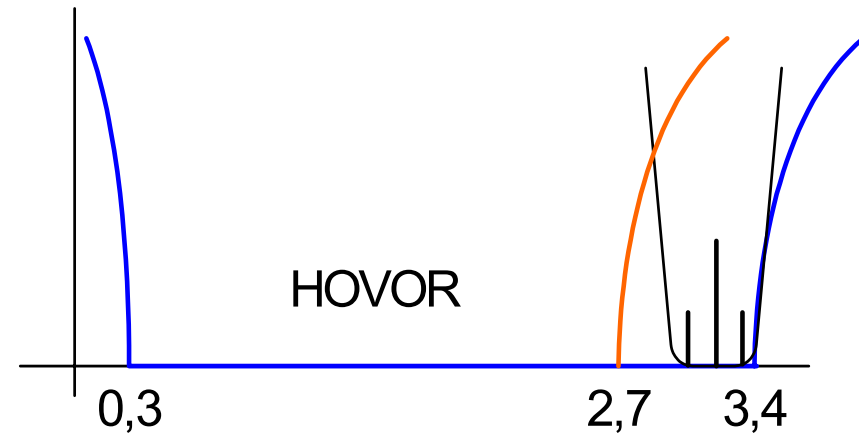
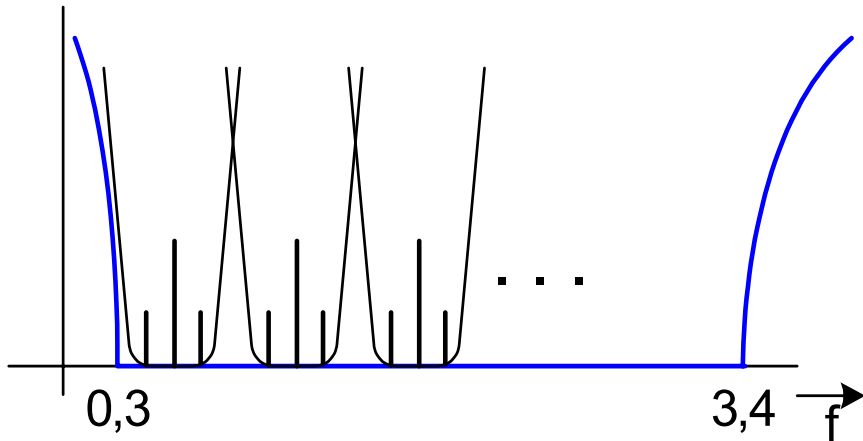
B) Kruhový modulátor

# PŘENOS ČÍSLICOVÝCH SIGNÁLŮ ANALOGOVÝM SYSTEMEM

Přenos v základním pásmu pouze po metalickém vedení – linkové kódy,  
jinak v přeloženém pásmu.

# TÓNOVÁ TELEGRAFIE

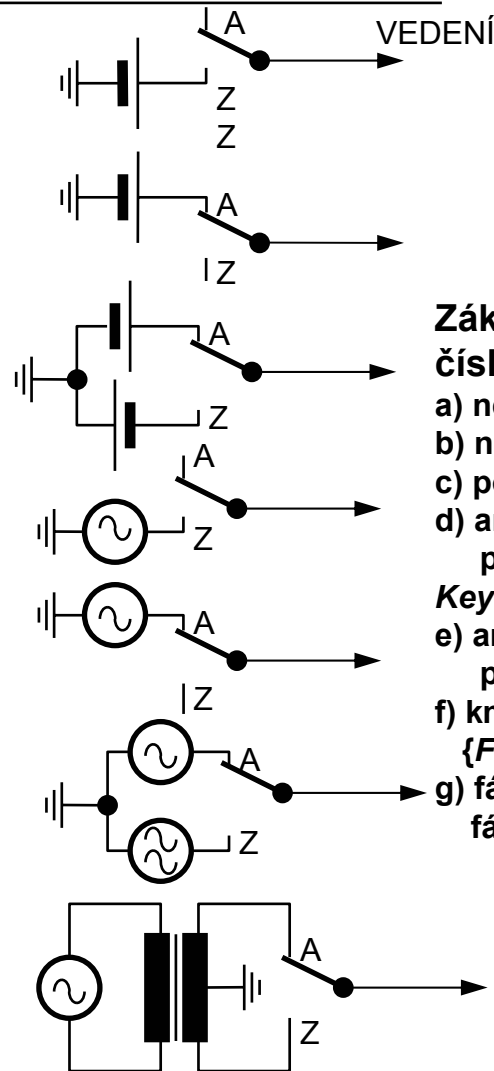
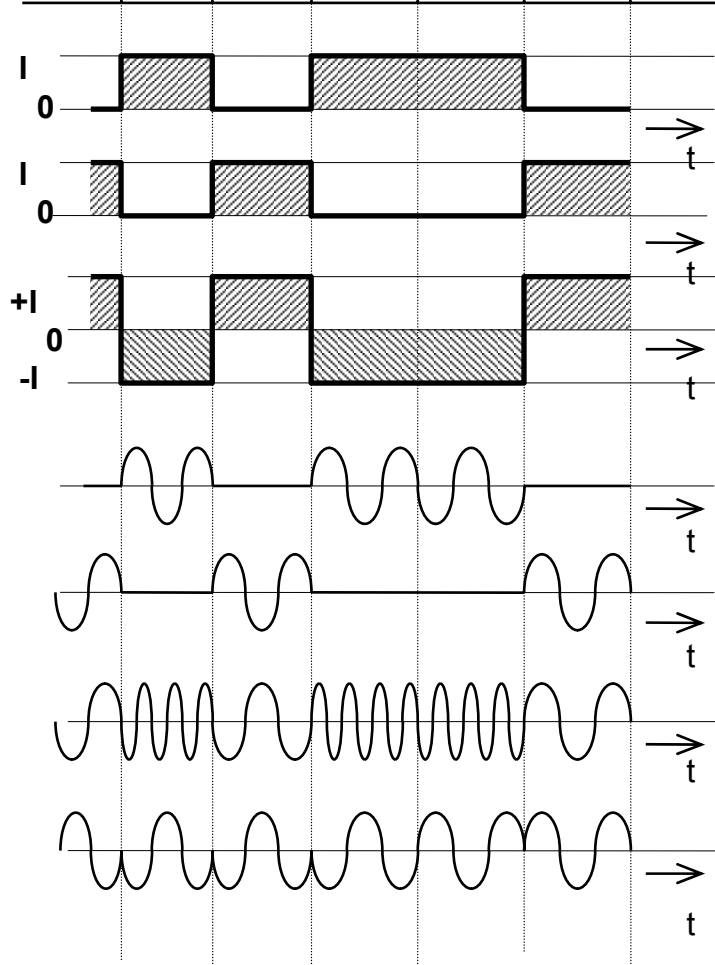
- nadložená
- podložená
- vložená



- předchůdce modemů
- nejčastěji dvoustavová frekvenční modulace
- vícekanálová telegrafie – princip obdobou nosné telefonie, jenže ne SSB ale FM

0	1	0	1	1	0	Posloupnost dvojkových symbolů
---	---	---	---	---	---	--------------------------------

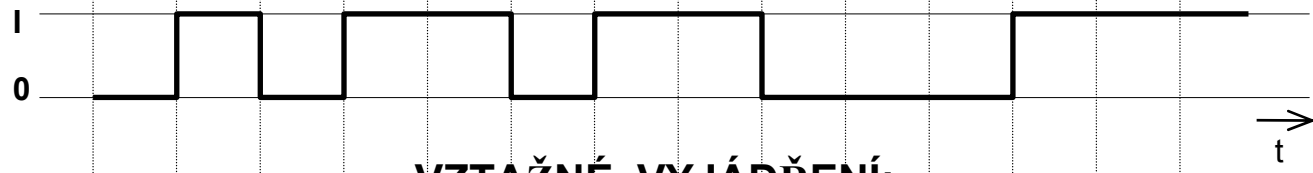
A	Z	A	Z	Z	A	Posloupnost charakteristických stavů
---	---	---	---	---	---	--------------------------------------



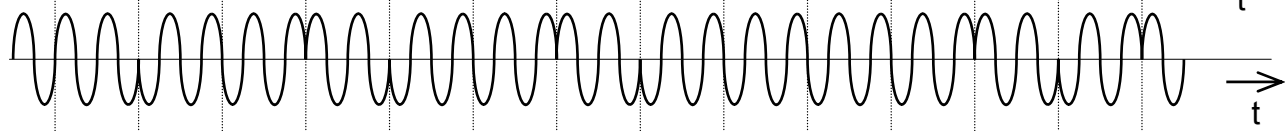
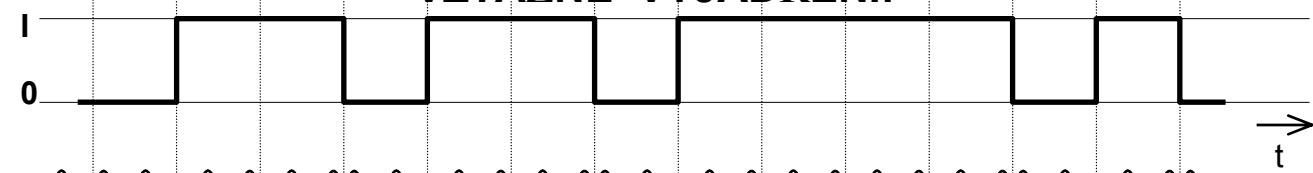
### Základní způsoby realizace číslicových signálů

- a) neutrální - značkové přiřazení
- b) neutrální - mezerové přiřazení
- c) polární
- d) amplitudová modulace - značkové přiřazení - ASK {*Amplitude Shift Keying*}
- e) amplitudová modulace - mezerové přiřazení - ASK
- f) kmitočtová modulace - FSK {*Frequency Shift Keying*}
- g) fázová modulace s referenční fází - PSK {*Phase Shift Keying*}

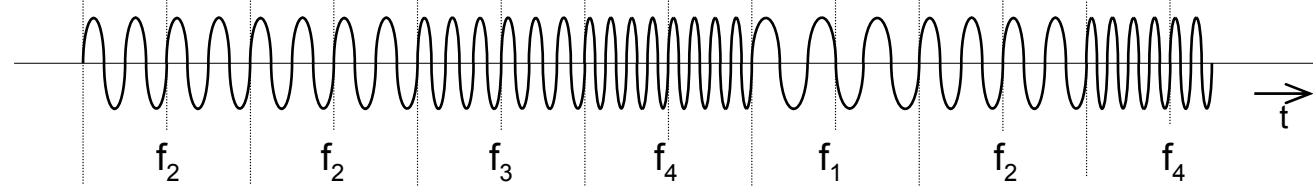
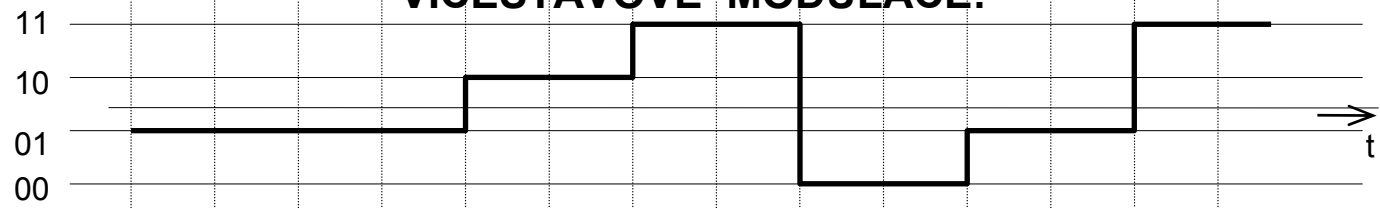
0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
A	Z	A	Z	Z	A	Z	Z	A	A	A	Z	Z	Z



**VZTAŽNÉ VYJÁDŘENÍ:**



**VÍCESTAVOVÉ MODULACE:**



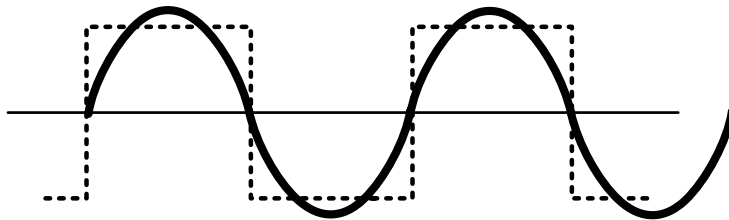
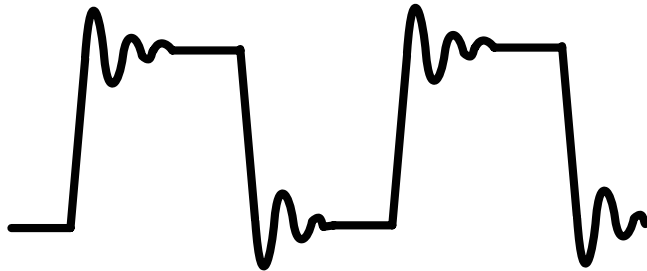
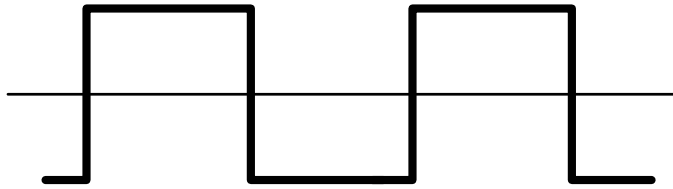
# REÁLNÝ KANÁL A PŘENOS DAT

Při FT  $f(t) \rightarrow S(j\omega)$  vznikají řady s teoreticky nekonečným počtem členů. Čím více se na přijímací straně chceme přiblížit původnímu obdélníkovému průběhu, tím více složek spektra musíme přenést.

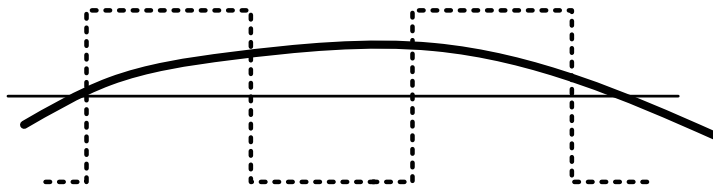
## ŠÍŘKA PÁSMA ?

- Omezení spektra má vliv na tvar signálu. Jaká je přípustná změna časového průběhu?
- K dispozici je vždy pouze **kanál s omezenou šířkou pásma**.
- **Při dané šířce pásma můžeme přenášet signál pouze do určité modulační rychlosti  $v_m$** .
- Modulační rychlost  $v_m$  binárního signálu (v Bd) nesmí být vyšší než šířka pásma ideálního kanálu (v Hz), po kterém se přenáší ... **1 Bd / Hz**.

2000 bit/s

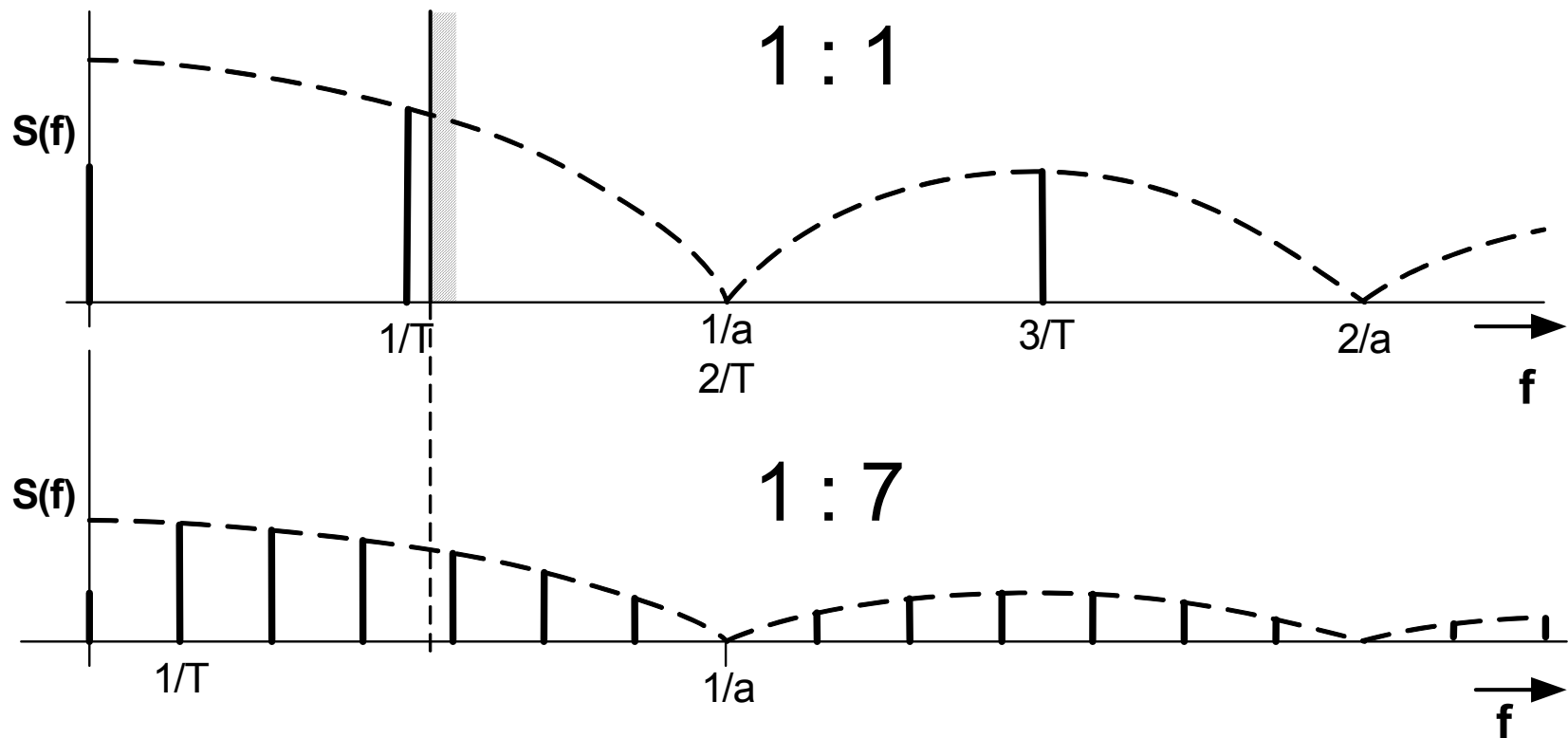


1 kHz



500 Hz





**Nyquist** – Mezní modulační rychlost přenosu diskretních signálů, při které lze dosáhnout bezchybného vyhodnocení přijatých signálů je **2 Bd/Hz** kmitočtového pásma kanálu.

Řada dalších vlivů – šum ...

Ve většině praktických případů se pro přenos dat v telefonním kanálu nepoužívá vyšší modulační rychlost než  $v_m = 2400$  Bd,

i když přenosové rychlosti (bit / s) jsou mnohem vyšší

$$v_p = v_m \cdot \log_2 s.$$

Vícestavová modulace – jeden signálový prvek nese více informačních bitů.

## KAPACITA KANÁLU

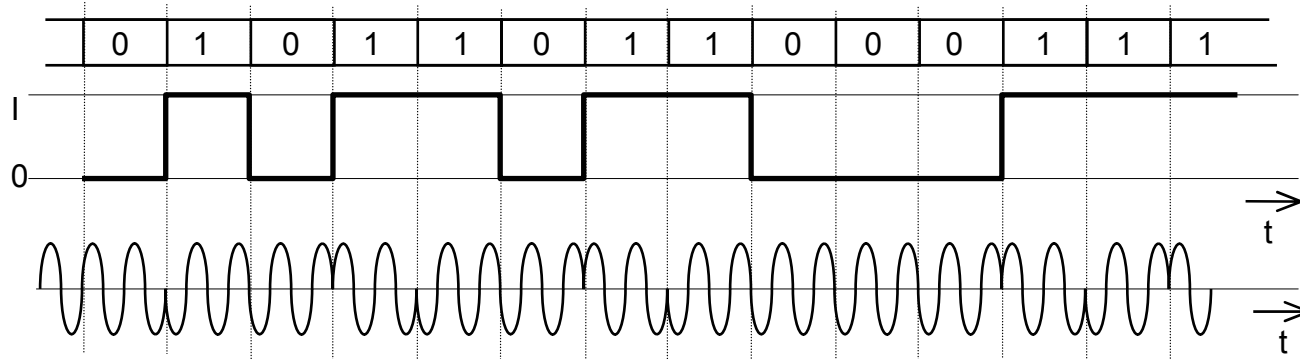
Maximální dosažená rychlost závisí na řadě vlivů – charakteristikách kanálu a možnostech jejich korekce, způsobu modulace, kódování, charakteru a intenzitě šumů a hluků...

**SHANNON** dokázal, že při korekci kmitočtových charakteristik kanálu, při optimálním výběru signálu a při existenci pouze normálního šumu s rovnoměrným spektrem je možno přenášet informaci s libovolně malou četností chyb maximální rychlostí

$$C = v_{p \max} = B \cdot \text{Log}_2 (1 + S/N) \quad [\text{bit/s}],$$

kde  $B$  – šířka pásma,  $S$  – střední výkon signálu,  $N$  - střední výkon šumu.

Příklady:

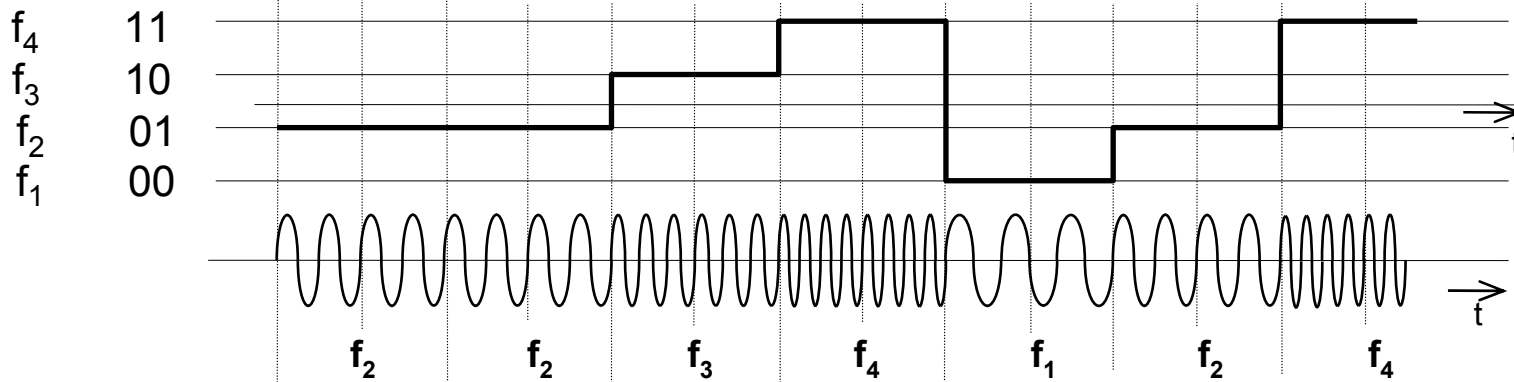


$a=1\text{ms}$

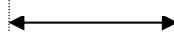


$$v_m = 1/a = 1/10^{-3} = 1000 \text{ Bd}$$

$$v_p = v_m \cdot \log_2 s = 1000 \cdot \log_2 2 = 1000 \text{ bit/s}$$



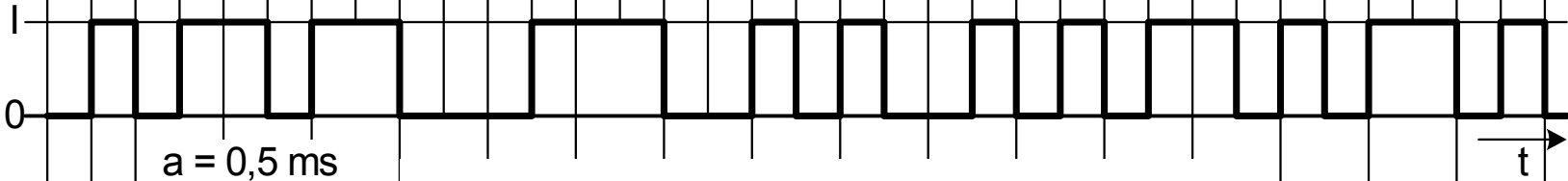
$a=2\text{ms}$



$$v_m = 1/a = 1/2 \cdot 10^{-3} = 500 \text{ Bd}$$

$$v_p = v_m \cdot \log_2 s = 500 \cdot \log_2 4 = 1000 \text{ bit/s}$$

0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1

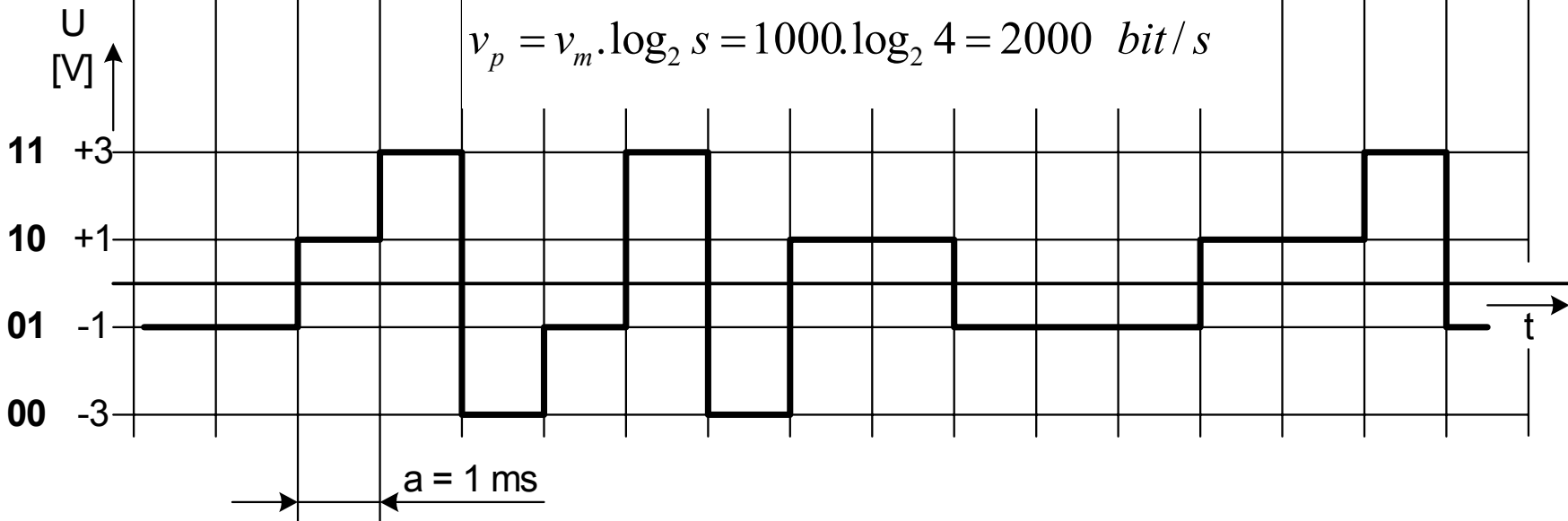


$$v_m = 1/a = 1/0,5 \cdot 10^{-3} = 2000 \text{ Bd}$$

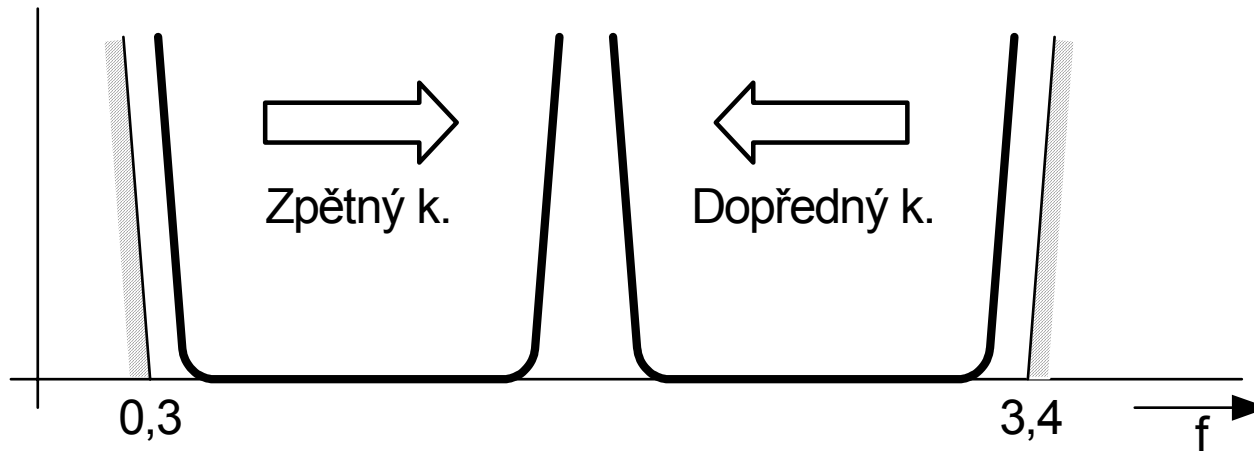
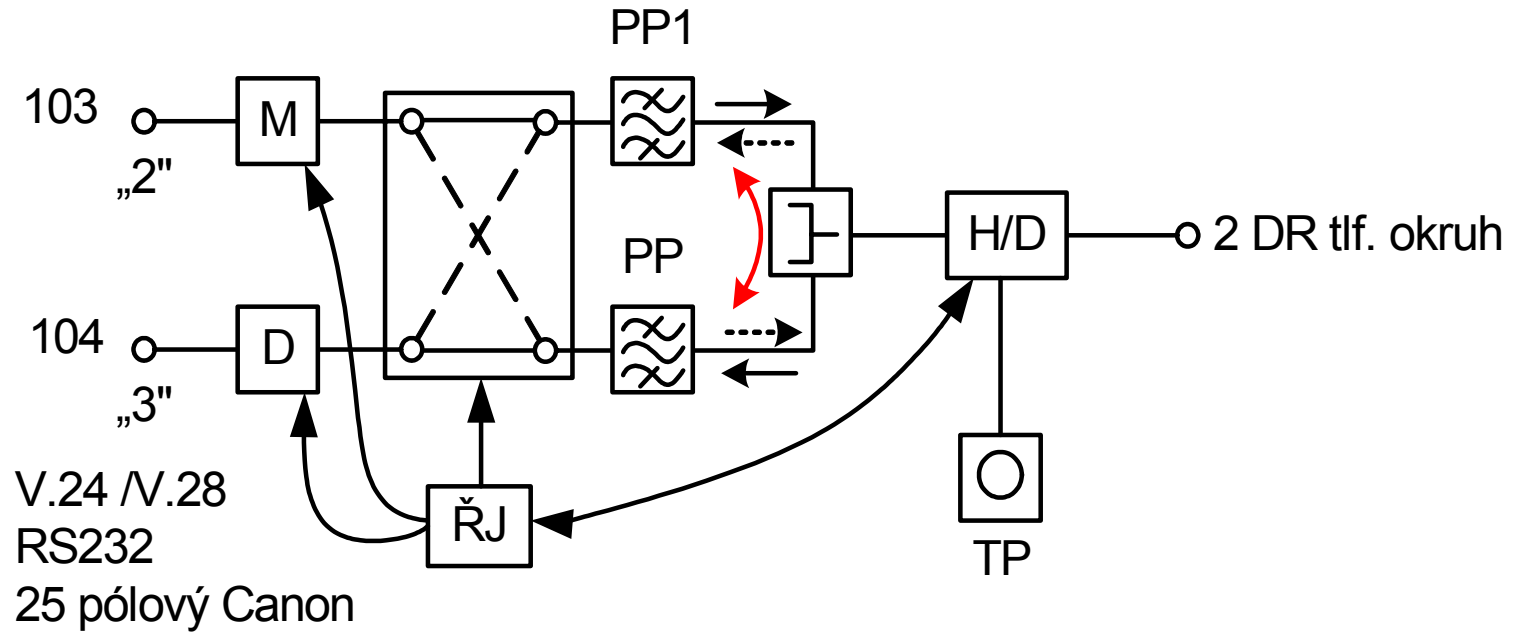
$$v_p = v_m \cdot \log_2 s = 2000 \cdot \log_2 2 = 2000 \text{ bit/s}$$

$$v_m = 1/a = 1/10^{-3} = 1000 \text{ Bd}$$

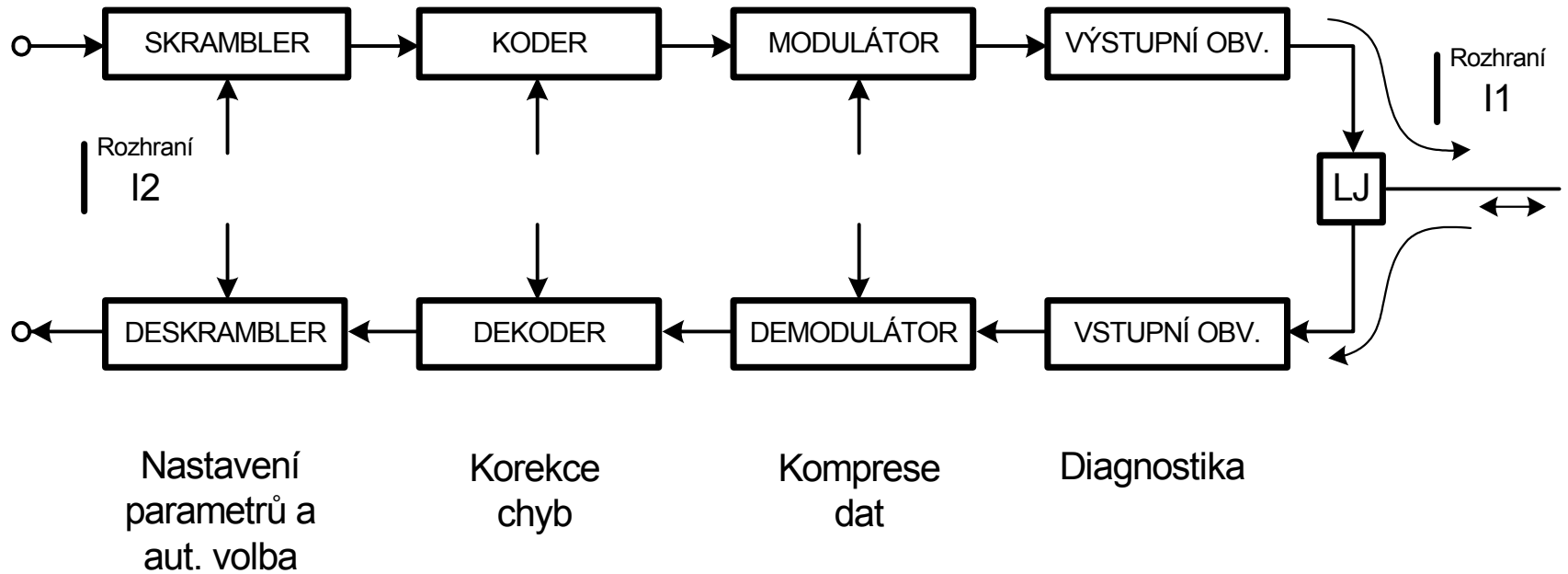
$$v_p = v_m \cdot \log_2 s = 1000 \cdot \log_2 4 = 2000 \text{ bit/s}$$



# MODEM



# SIGNÁLOVÁ CESTA



Koder – řazení do díbitů – čtyřstavová modulace

tribitů – osmistavová modulace

kvadribitů – šestnáctistavová modulace

...

Modulace – nejčastěji – vícecestavová diferenční fázová modulace

- kvadrurní modulace n-QAM

# Přehled základních parametrů modemů pro telefonní kanály

dopor.	$v_p$ [bit/s]	modulace	přenos	využití telefonního kanálu [kHz]
V.21	300 +300	2st. FSK	aryt.	1,08      1,75
V.22	1200 +1200	4st. DPSK	aryt. synch.	1,2      2,4
V.22bis	2400 +2400	16st. QAM	aryt. synch.	1,2      2,4
V.23	1200 +75	2st. FSK	aryt. synch.	0,42      1,7
V.26bis	2400 +75	4st. DPSK	synch.	0,42      1,8
V.27ter	4800 +75	8st. DPSK	synch.	0,42      1,8
V.29	9600	16st. QAM	synch.	1,7
V.32	9600 +9600	32st. QAM +TCM	synch.	potlačení 1,8 ozvěny
V.32bis	14 400 +14 400	32st. QAM +TCM	synch.	potlačení 1,8 ozvěny
V.33	14 400 +75	128st. QAM +TCM	synch.	0,315      1,8
V.34	33 600 +33 600	1664st. QAM +TCM	synch.	potlačení 1,959 ozvěny
V.90	33 600 +56 000	1664st. QAM +TCM, PAM	synch.	potlačení 1,959 ozvěny