



Základy mobilních systémů a GSM

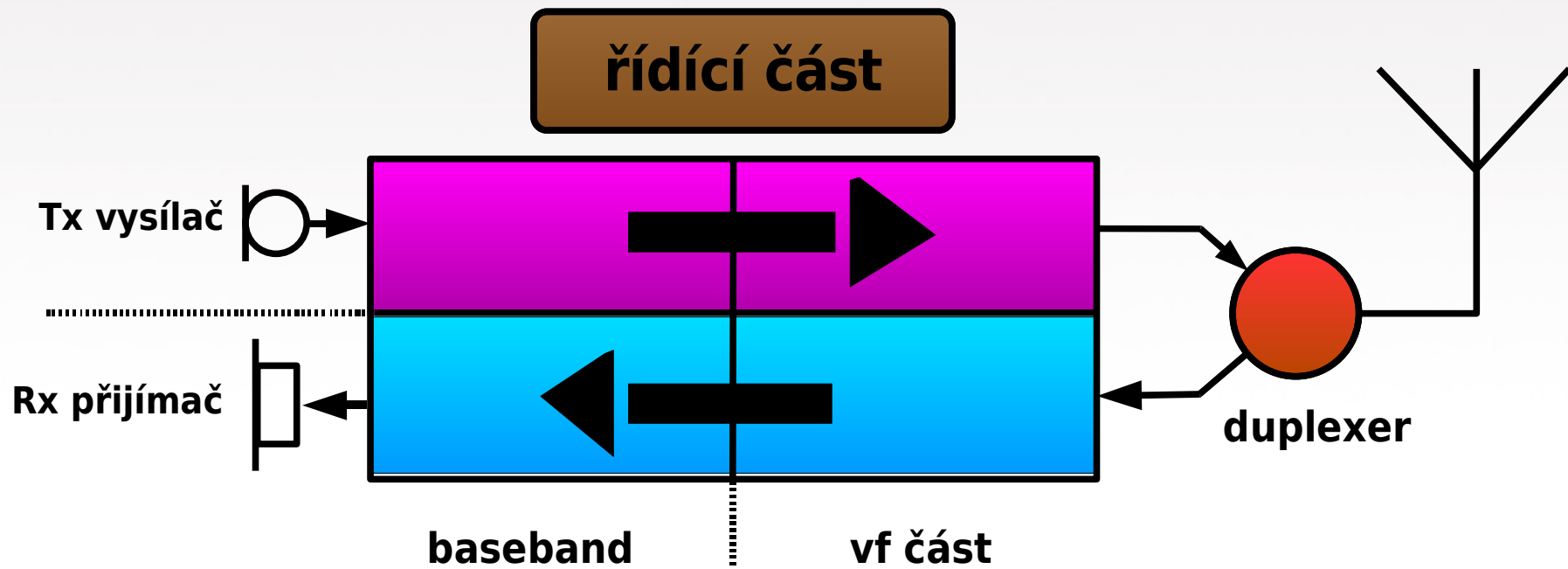
Lekce 2

GSM

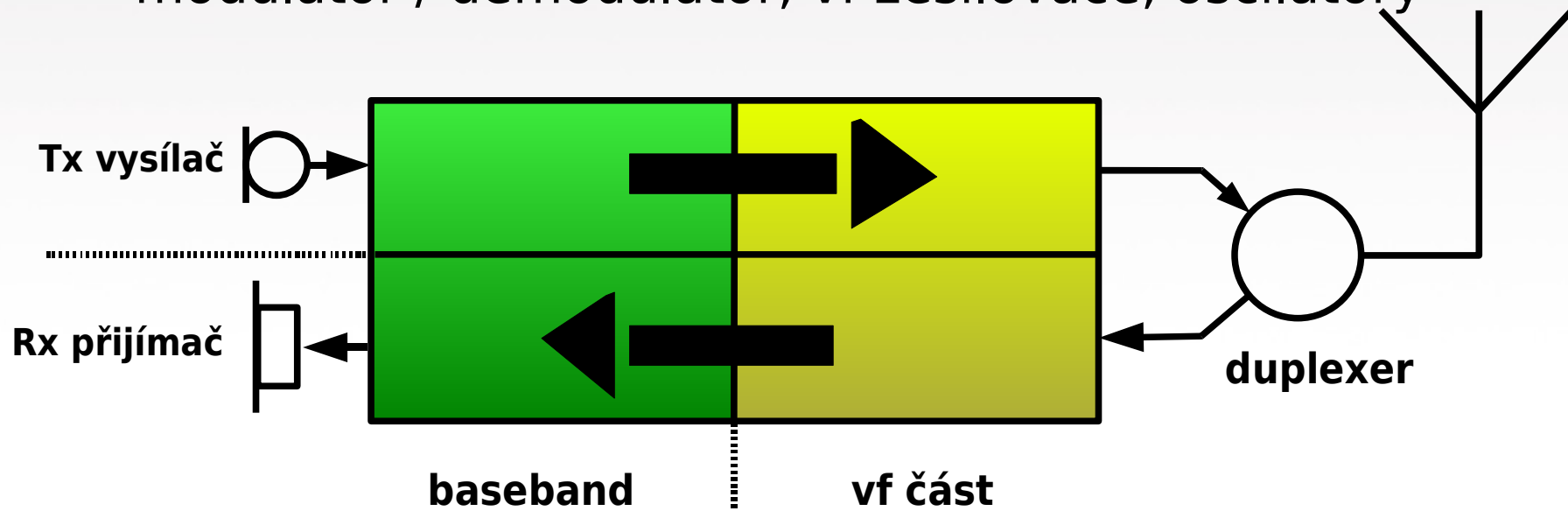
VOŠ a SPŠE Olomouc
Ing. Jiří Burda
www.mobilnisystemy.cz

Transceiver I

- **transmitter Tx** - vysílač
- **receiver Rx** – přijímač (superheterodyn)
- **duplexer** – umožní použití jedné antény pro Tx i Rx
 - u mobilního telefonu pouze anténní přepínač
- **řídící část** – dnes nejčastěji procesor
 - moderní mobilní telefony obsahují operační systém

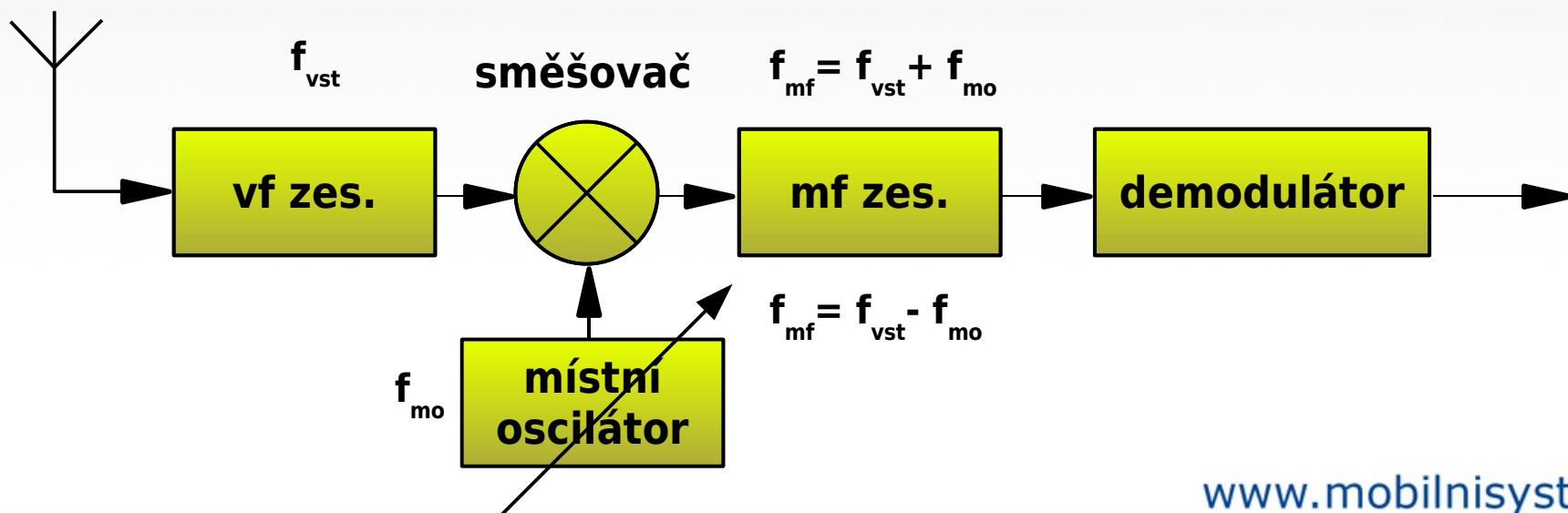


- **baseband (analogový / digitální)** provádí zpracování signálu (A/D převod, kódování, šifrování, ...)
 - **Digital Signal Processor** (signálový procesor) - speciální procesor s instrukčním souborem optimalizovaným pro práci se signálem, na chipu obsahuje A/D a D/A převodníky
- **vf část (analogová)** provádí modulaci / demodulaci a zesilování – přijímač realizován jako superheterodyn:
 - modulátor / demodulátor, vf zesilovače, oscilátory

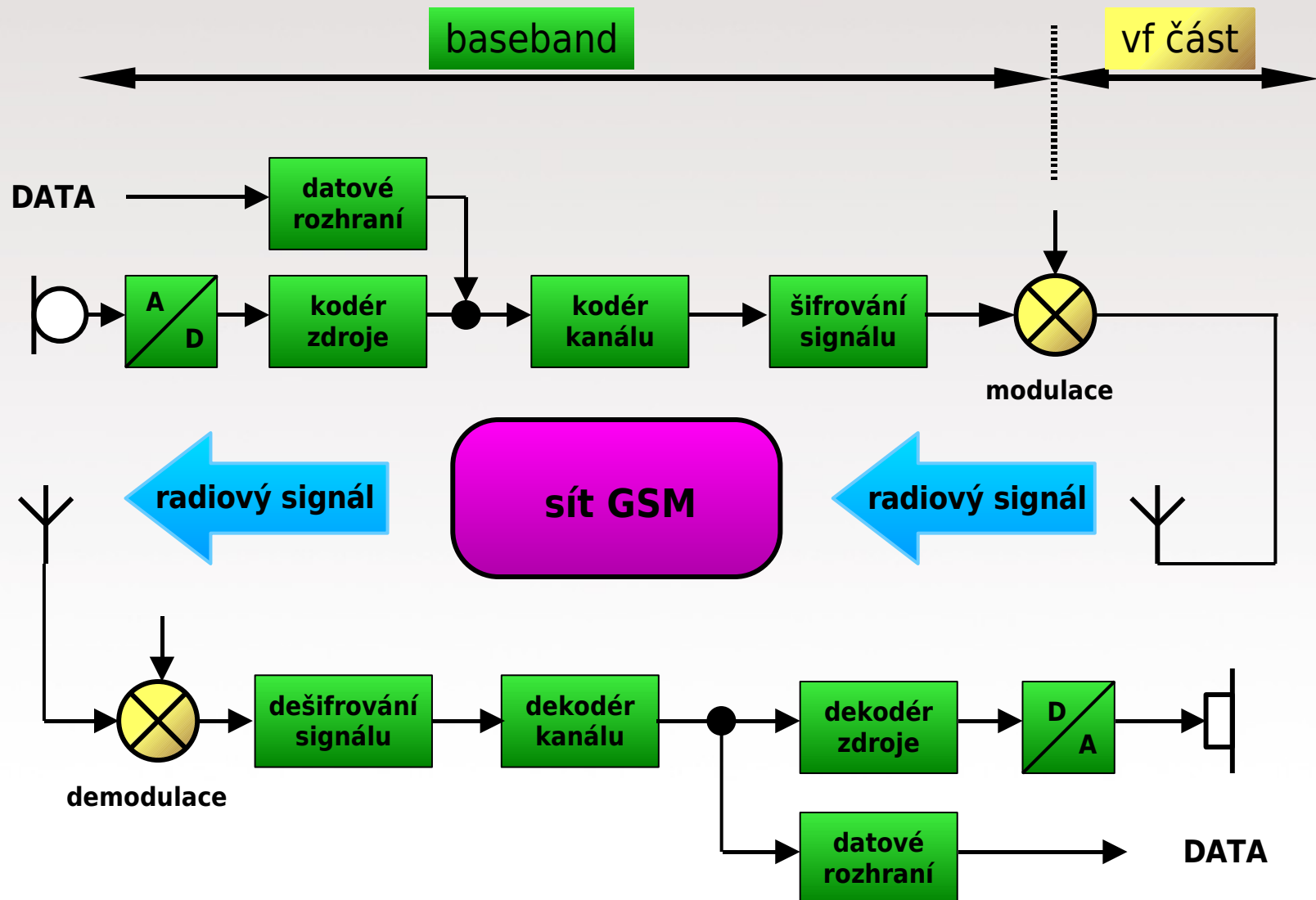


Superheterodyn – vf část přijímače

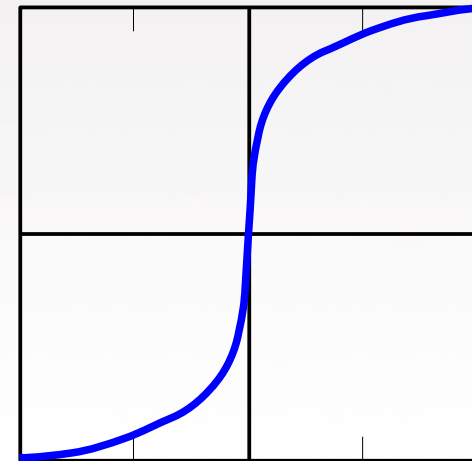
- **vf zesilovač** – širokopásmový (celé pásmo) nízkošumový (**low noise amplifier - LNA**)
- **místní oscilátor** – kmitočtová ústředna – fázový závěs
- **směšovač** – posun do propustného pásma mf zesilovače
- **mf zesilovač** – „úzkopásmový (**narrowband**)“ (jeden kanál); hlavní zesilovací a filtrační prvek přijímače
- **demodulátor** – demodulace vf signálu na digitální data



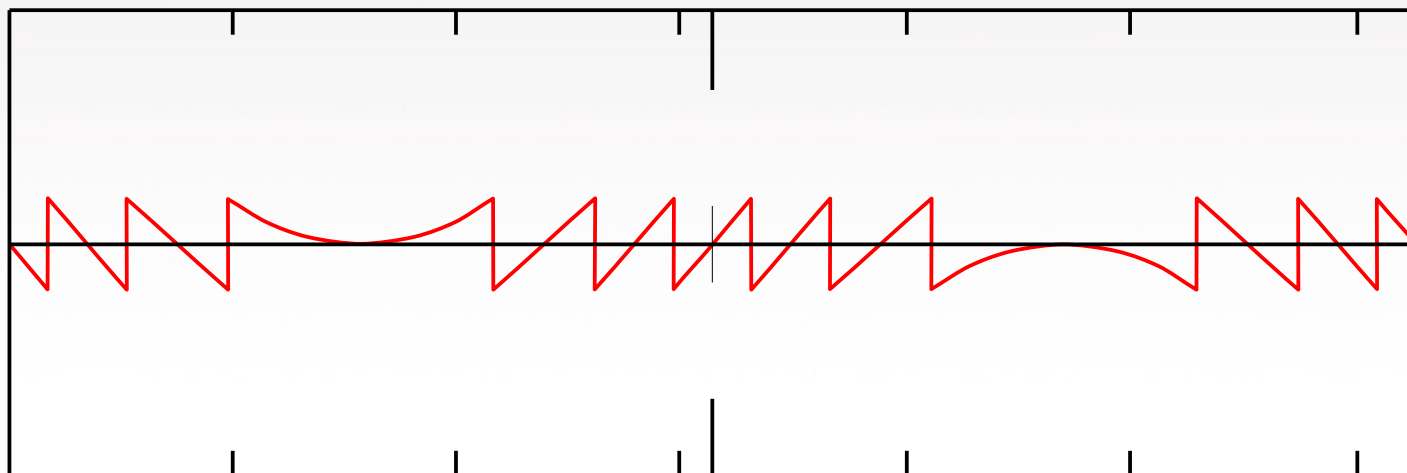
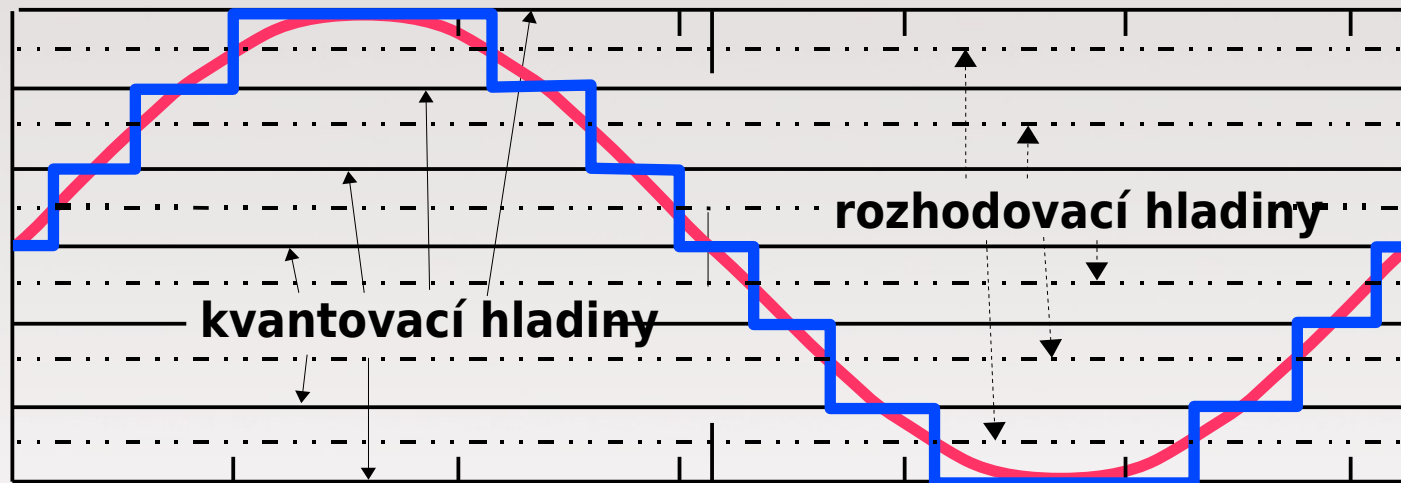
Digitální baseband



- **vzorkování** – odebírání vzorků signálu v určitých časech
 - pokud je splněna **vzorkovací podmínka** $f_{vz} > 2 \cdot f_{max}$ je možné signál obnovit bez chyb – **nevzniká zkreslení**
- **kvantování** – zaokrouhlení signálu na určité hladiny
 - vždy vzniká zkreslení závislé na počtu hladin tzv. **kvantizační šum**
 - **nelineární kvantování**
 - husté hladiny pro nízké úrovně a řídké pro vysoké úrovně signálu
 - zajišťuje nezávislost kvality kvantování na úrovni vstupního signálu
- **kódování** – vyjádření hladin (binárním) kódem



A/D převod – kvantovací šum



A/D převod - příklady

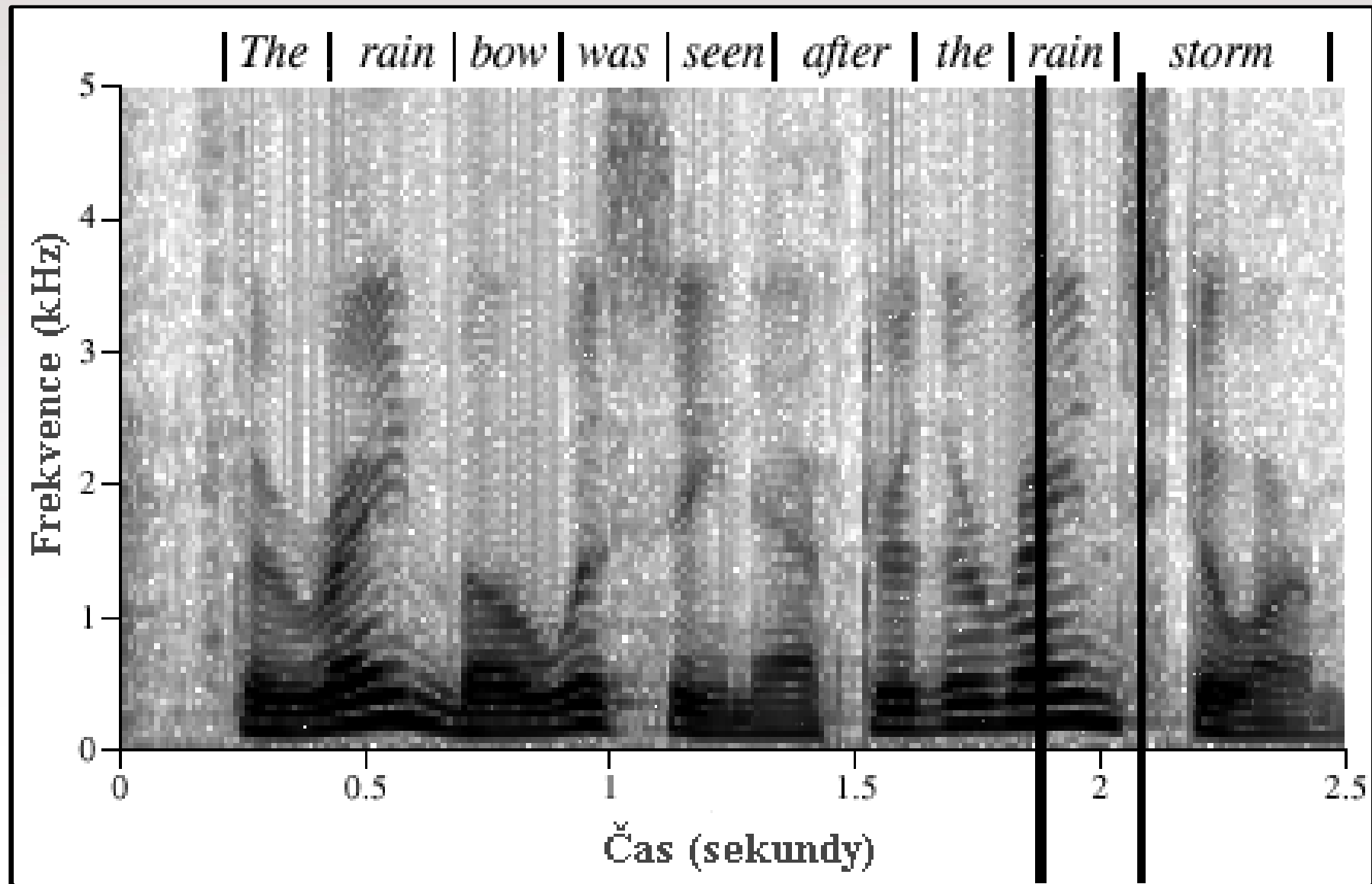
- analogový telefon přenáší pásmo 300 – 3400 Hz
 - z toho plyne $f_{\max} = 3,4 \text{ kHz}$
 - vzorkovací kmitočet $f_{\max} > 2 \times f_{\text{mvz}} = 6,8 \text{ kHz}$
 - s rezervou se tedy volí 8 kHz
 - používá se nelineární 8 bitový převodník
 - $8\,000 \times 8 = 64\,000 \text{ bit/s} = 64 \text{ kbit/s}$
- zvuk v CD kvalitě je pásmo 20 Hz - 20 kHz
 - z toho plyne $f_{\max} = 20 \text{ kHz}$
 - vzorkovací kmitočet $f_{\max} > 2 \times f_{\text{mvz}} = 40 \text{ kHz}$
 - s rezervou se tedy volí 44,1 kHz
 - používá se 16 bitový převodník (stereo)
 - $44\,100 \times 16 \times 2 = 1\,411\,200 \text{ bit/s} = 1,4 \text{ Mbit/s}$

Zdrojové kódování (komprese)

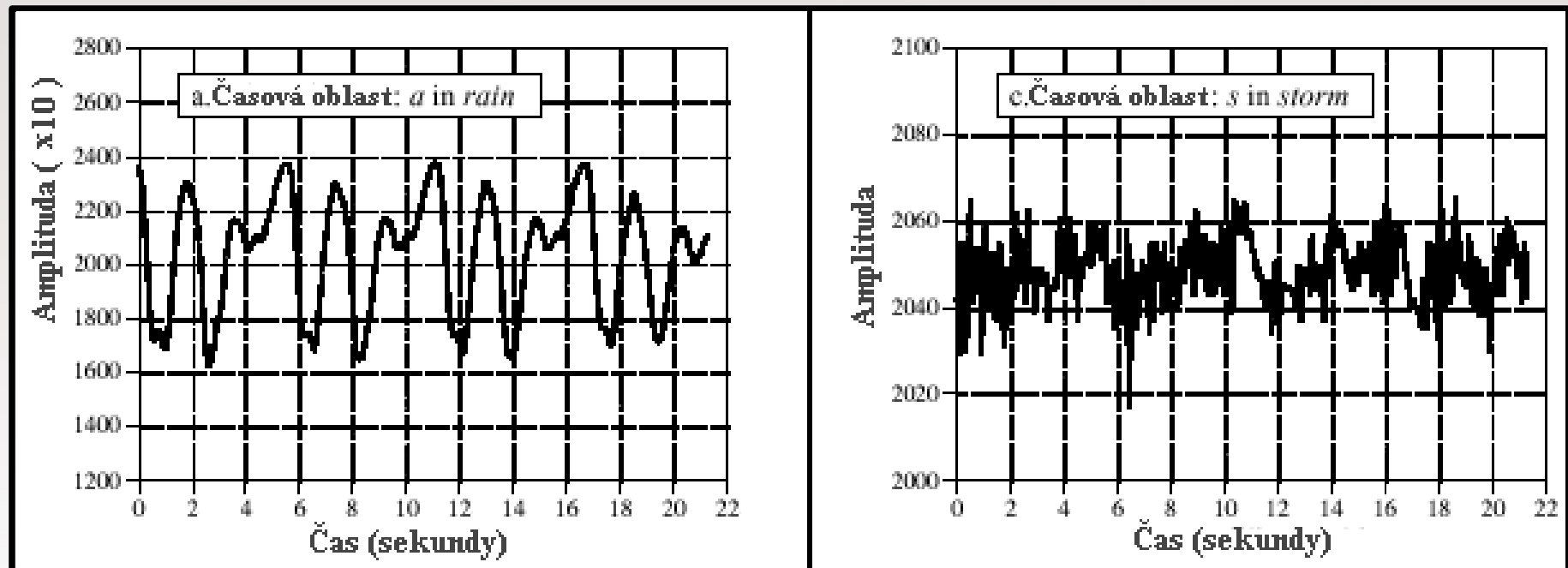
- **bezztrátová** – odstraňuje **nadbytečnou (redundantní)** informaci (přirozené zabezpečení)
 - nedochází ke ztrátě kvality (informace)
 - menší stupeň komprese
 - založena na statistických metodách (zip)
- **ztrátová** – odstraňuje **nepodstatnou (irelevantní)** informaci (vyšší kmitočty apod.)
 - dochází ke ztrátě kvality (informace) na **přijatelnou** úroveň
 - větší stupeň komprese (jpeg)
 - využívá znalostí vzniku dat a pro různá data se liší:
 - kvalitní zvuk – mp3, Ogg Vorbis
 - **hovorový zvuk** – vokodéry (Ogg Speex)
 - statický obraz – jpg
 - video – MPEG-4, Ogg Theora

- řeč je složena ze:
 - **znělých zvuků** (samohlásky a některé součásti souhlásek), jejichž základem jsou tóny produkované rozvibrováním hlasivek průchodem vzduchu
 - **neznělých zvuků**, jejichž základem jsou zvuky produkované zejména jazykem, rty a zuby
- z matematického hlediska znělé zvuky mají periodický základ, kdežto neznělé šumový
- oba typy zvuků dotváří soustava dutin, které se chovají jako rezonátory
- řečové ústrojí lze tedy modelovat jako **dva zdroje signálu** (tónový generátor a šumový generátor) a **soustavu filtrů**

Vzorek hovorového signálu



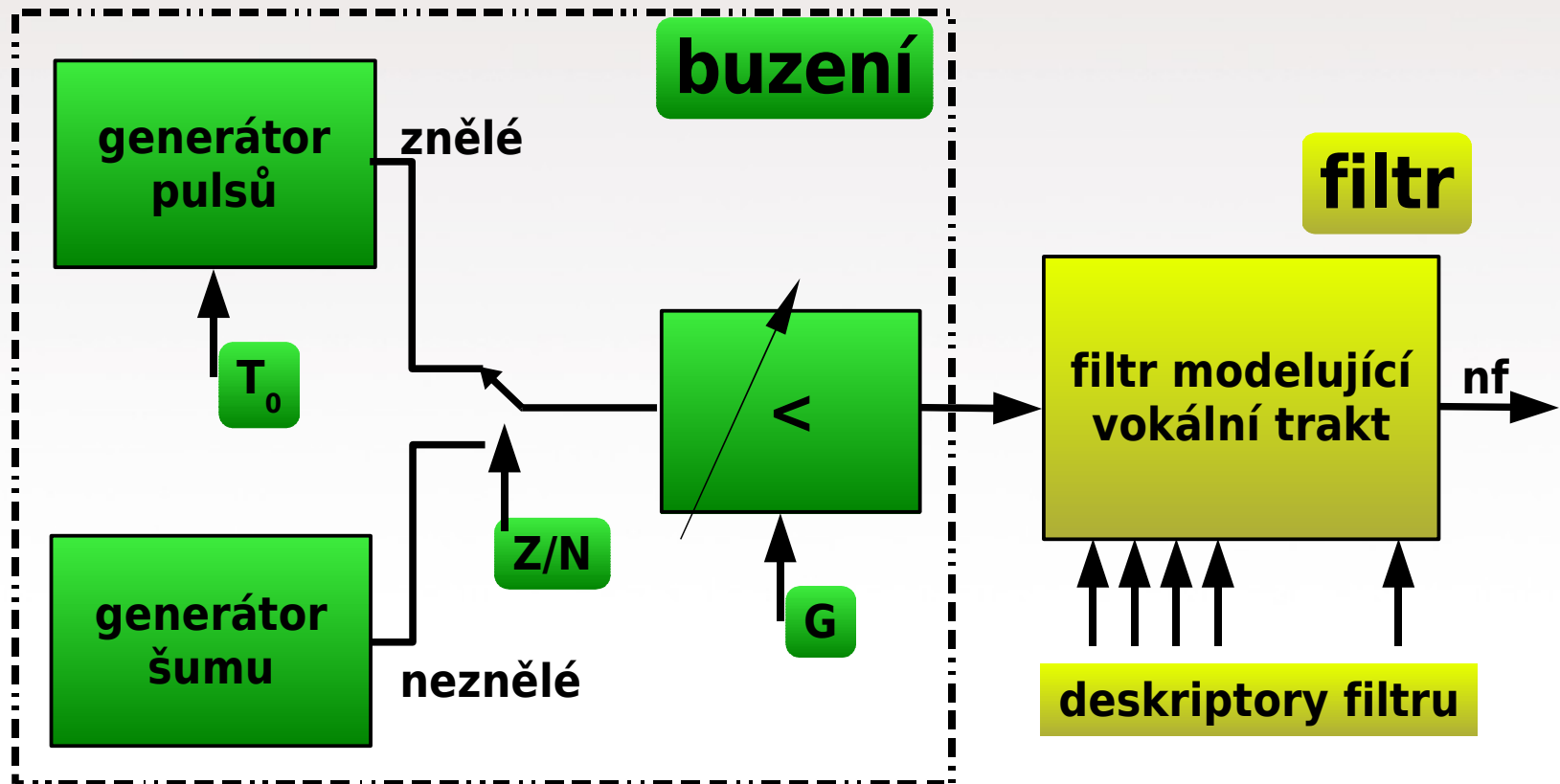
Časové průběhy hlásek



- **znělé** hlásky (a) – periodický průběh
- **neznělé** hlásky (s) – neperiodický průběh (šum)

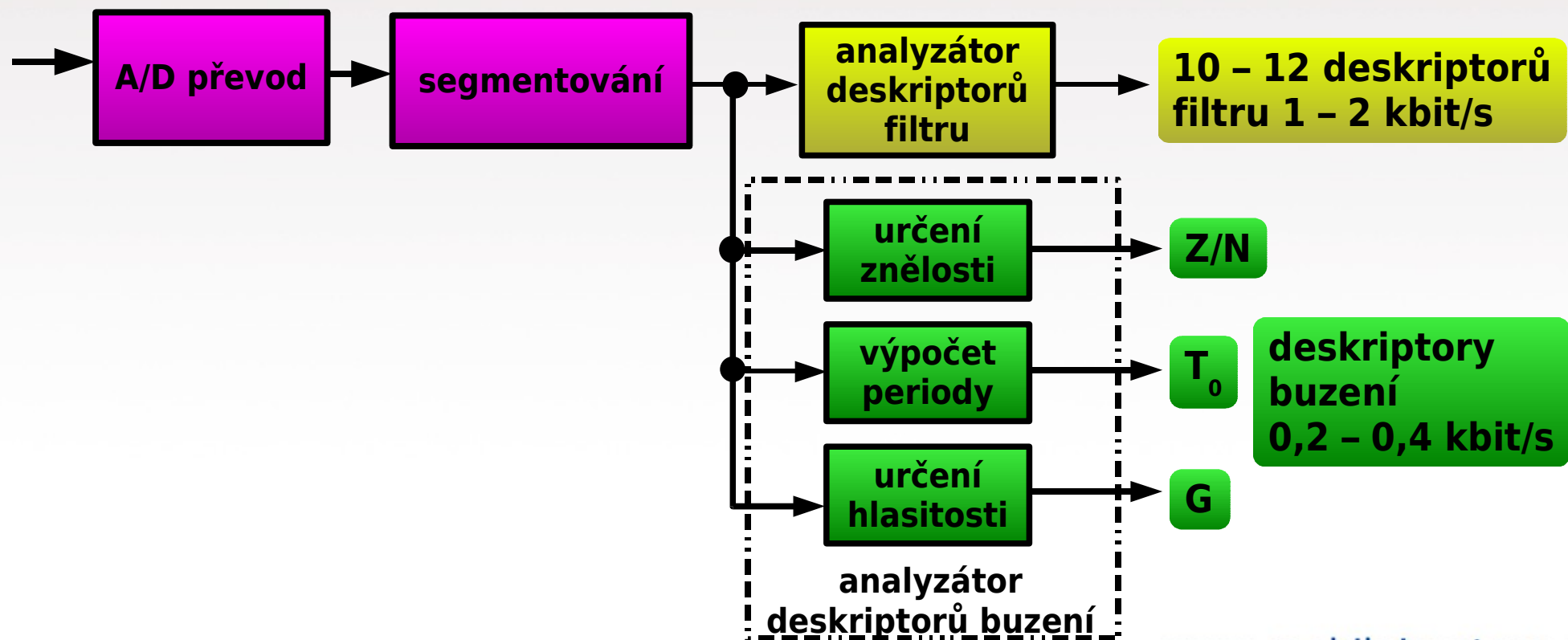
Vokodér - přijímač

- **voice coder** - elektronický model lidského hlasového ústrojí: buzení a filtr
- přenáší se parametry pro model tzv. **deskriptory**
- umožňuje redukovat bitový tok až na jednotky kbit/s



Vokodér - vysílač

- A/D převodník kvalitnější než u klasické PCM (13 bitů)
 - $13 \times 8000 = 104 \text{ kbit/s}$
- seskupení (stovek) vzorků do segmentů (desítky ms)
 - respektuje konstantní nastavení hlasivek po určitou dobu

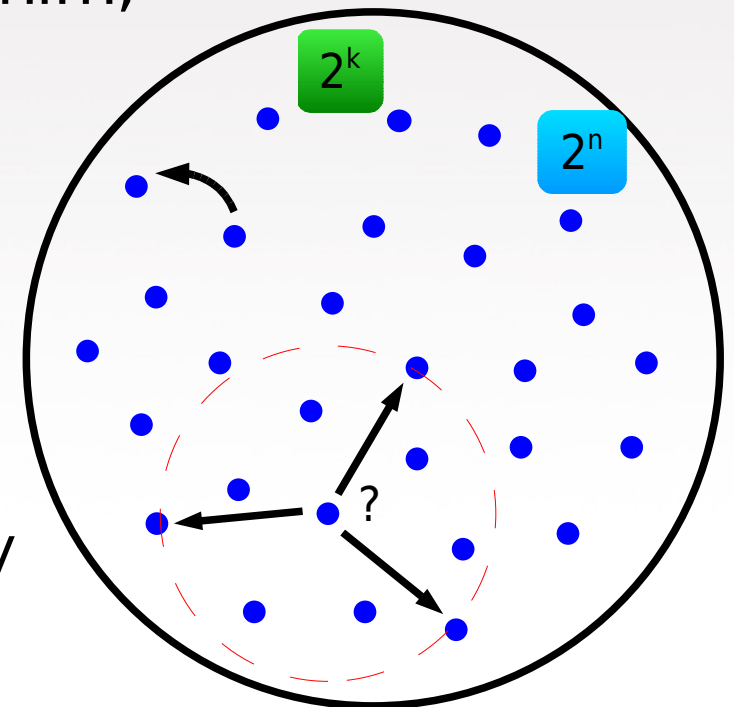


- vlivem šumu a rušení je signál na příjmu poškozen
- při detekci může dojít k chybě

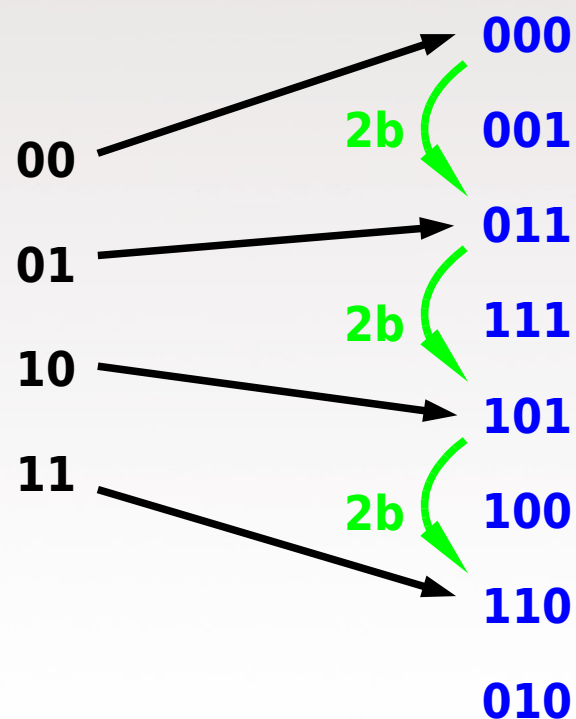


Kanálové kódování

- zabezpečení proti chybám vznikajícím při přenosu
- **běžné chyby** vznikají vlivem šumu a odstraňují se:
 - blokovými kódy
 - konvolučními kódy – účinnější než blokové
- **skupinové chyby** (výpadky dlouhé sekvence bitů) vznikají v rádiovém prostředí (rušením, únikem, ...) odstraňují se:
 - prokládání
 - Reed Solomony kódy
- **ARQ** (automatic retransmission request) – automatické vyžádání opakování přenosu
 - opakování přenosu v případě chyby



- přidává bit na sudý / lichý počet jedniček / nul
- **Hammingova vzdálenost** – počet rozdílných bitů



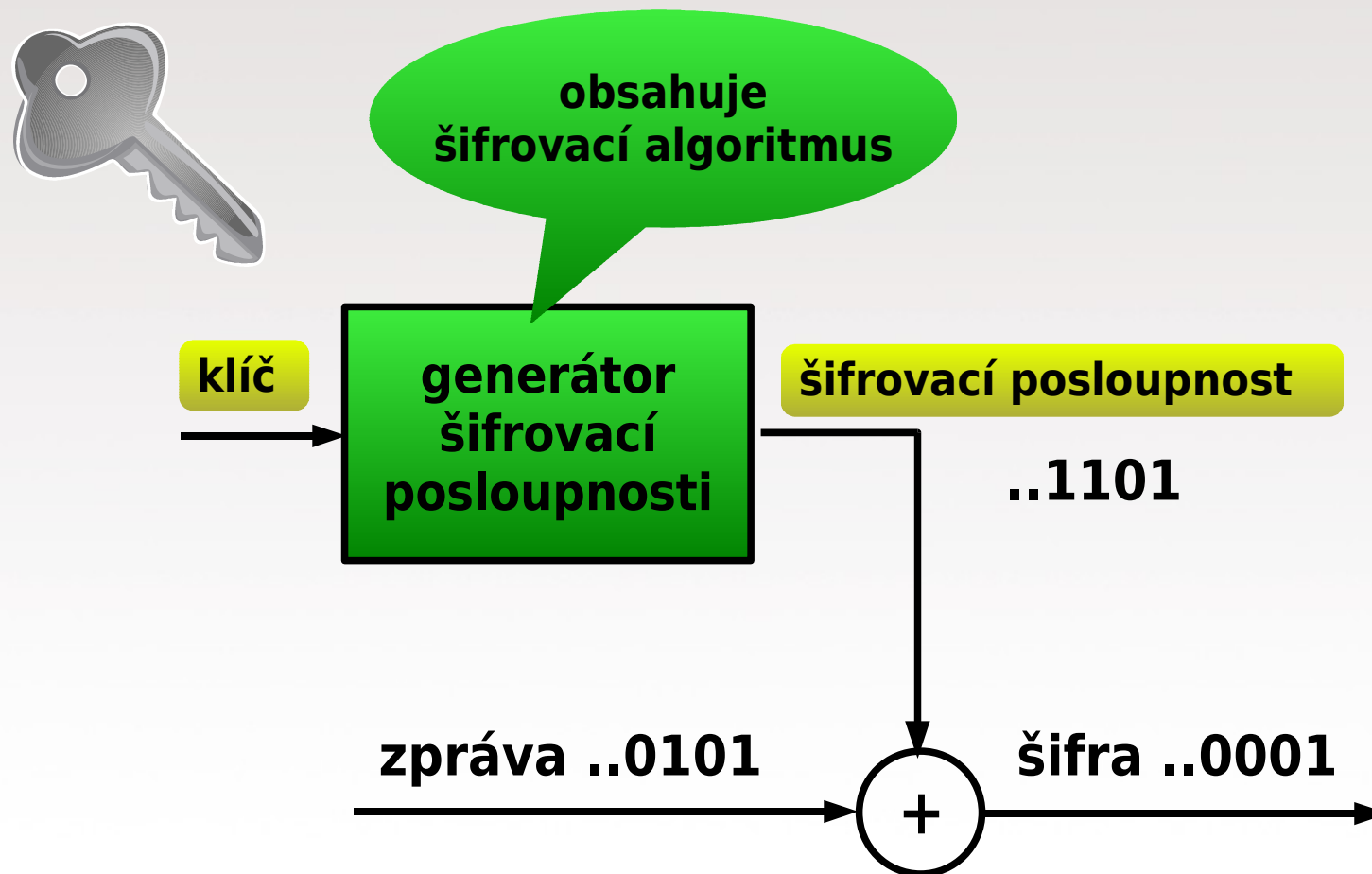
	000	011	101	110
000	x	2	2	2
011	2	x	2	2
101	2	2	x	2
110	2	2	2	x

Minimální Hammingova vzdálenost je 2

- detekce 1-násobné chyby
- oprava 0 chyb

- požadované funkce
 - autorizace: ověření totožnosti
 - ověření osob: PIN, biometrika (otisky prstů, ...)
 - ověření zařízení IMEI
 - šifrování: ochrana proti čtení
 - kontrola integrity: ochrana proti změně
 - potvrzení převzetí: důležité
- faktory ovlivňující spolehlivost
 - management klíčů: např. klíč na zadní straně karty
 - způsob volby klíče: např. „4444“, „1234“
 - délka klíče: čím delší tím lépe
 - nejméně spolehlivá složka - lidský faktor





Ověření totožnosti

- nesmí se přenášet citlivá data přes nechráněné rozhraní

