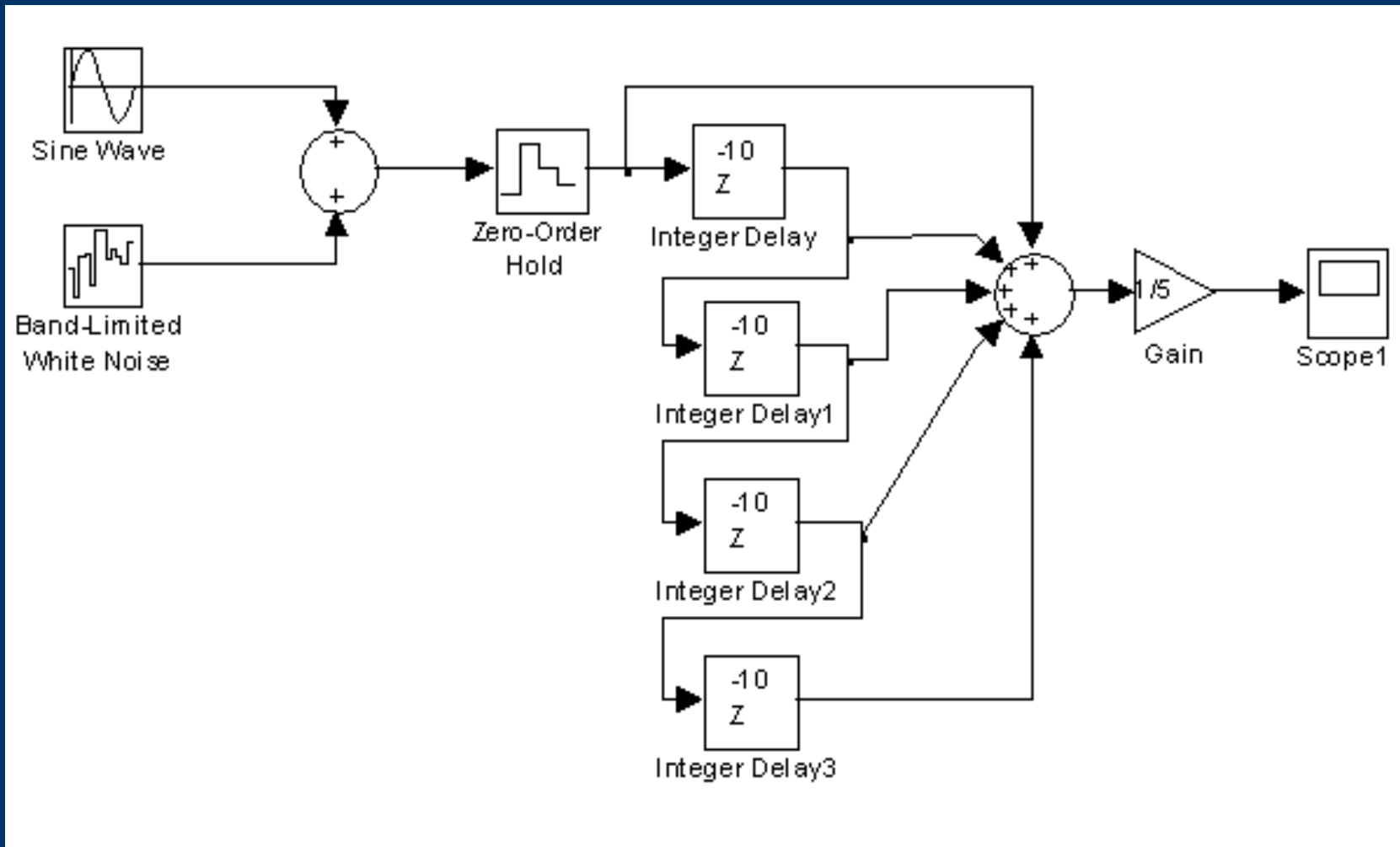


Šumová analýza synchronní kumulace

Ing. Petr Sládek, www.smishek.com, CTU FEE



Princip synchronní kumulace



Potlačení aditivního šumu - odvození

- Měřený signál definujeme užitečným periodickým signálem $p(t)$ s aditivním šumem $n(t)$ a rozptylem $var N$

$$s(t) = p(t) + n(t)$$

- Průměrovaný signál má potom rozptyl

$$s_{SNRE}(t) = \frac{1}{D} \sum_{k=1}^D p(t + kT) + n(t + kT)$$

⋮

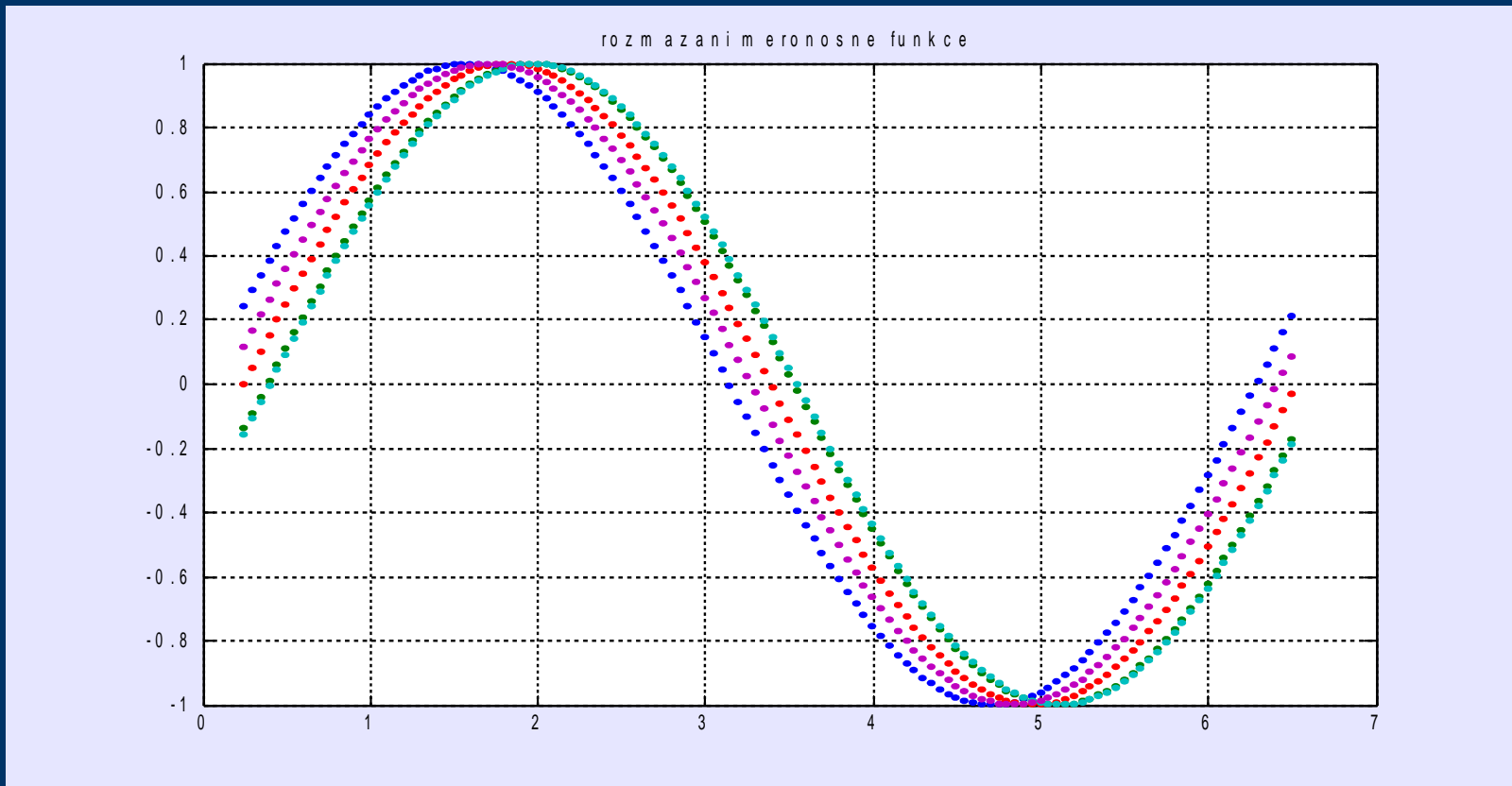
$$var \tilde{N} = \frac{1}{D^2} \sum_{k=1}^D var N = \frac{1}{D} var N$$

Potlačení aditivního šumu - výsledky

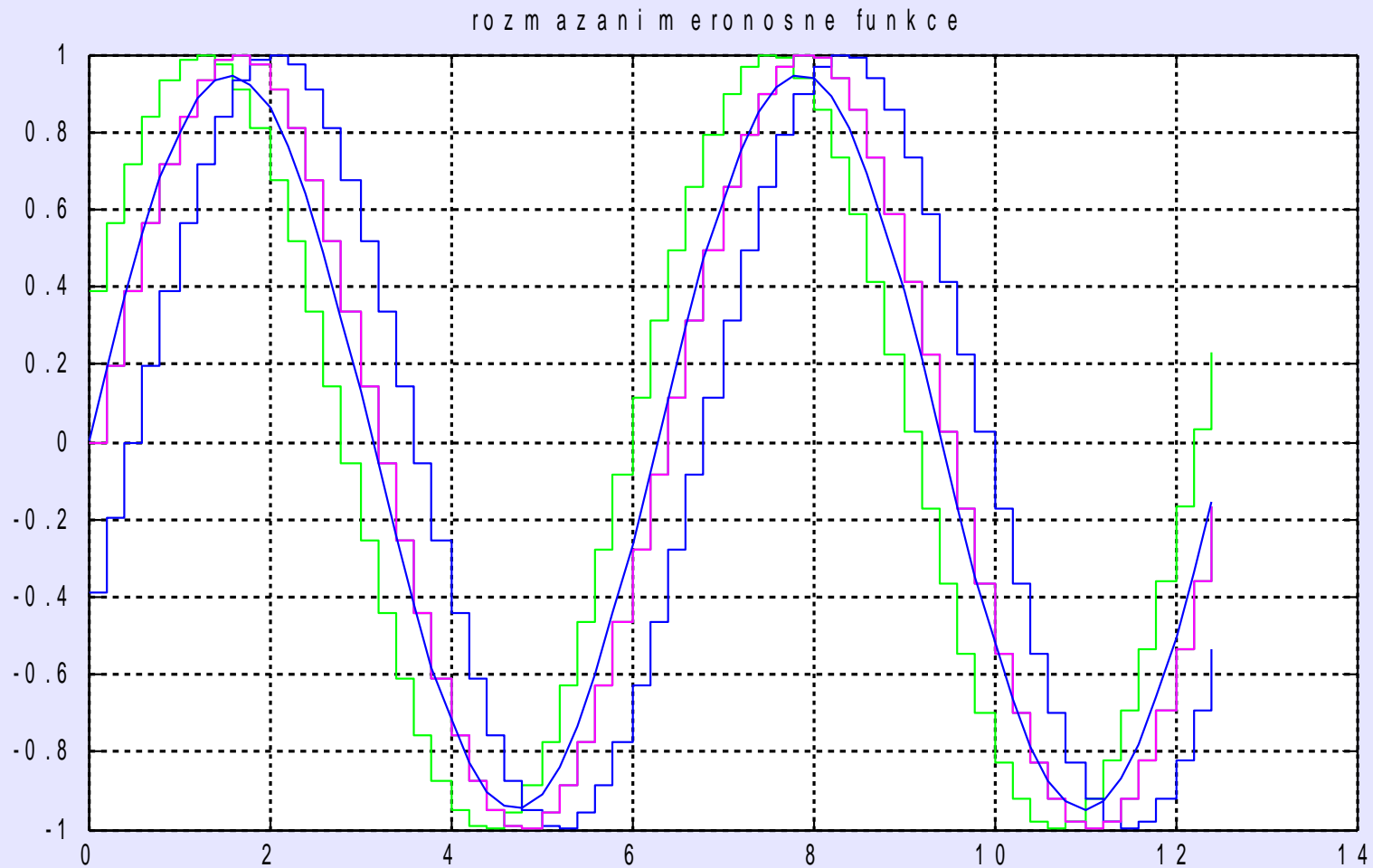
- Pro normální rozdělení platí $\tilde{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{D}} \sigma$
- Pro rovnoměrné rozdělení platí $\tilde{a} = \frac{1}{\sqrt{D}} a$
- SNRE dosahuje hodnot $20 \log \sqrt{D} = 10 \log D$

Propagace časové nestability (jitter) synchronizačního signálu do měronosného signálu

- Způsobuje “rozmazání” měronosné funkce po průchodu průměrováním.



Propagace časové nestability - detail



Propagace jitter - model šumu

- Výsledný šum lze modelovat jako D-násobný průměr rozdílu všech posunutých vzorků v bufferech vůči referenčnímu vzorku.

$$s(i) = p(i) + \tilde{n}(i) + \tilde{j}(i)$$

- Zjednodušený model, který postihuje jen malé amplitudy, protože není jasné jakým způsobem se budou v praxi extrapolovat chybějící vzorky a co se bude dělat s přebývajícimi vzorky.

$$\tilde{j}(i) = \frac{1}{D-1} \sum_{k=0}^{D-2} \left(p\left(\frac{T}{N}(i + j_{i \div N - k})\right) - p\left(\frac{T}{N}i\right) \right),$$

Propagace jitter - model šumu pro sinus

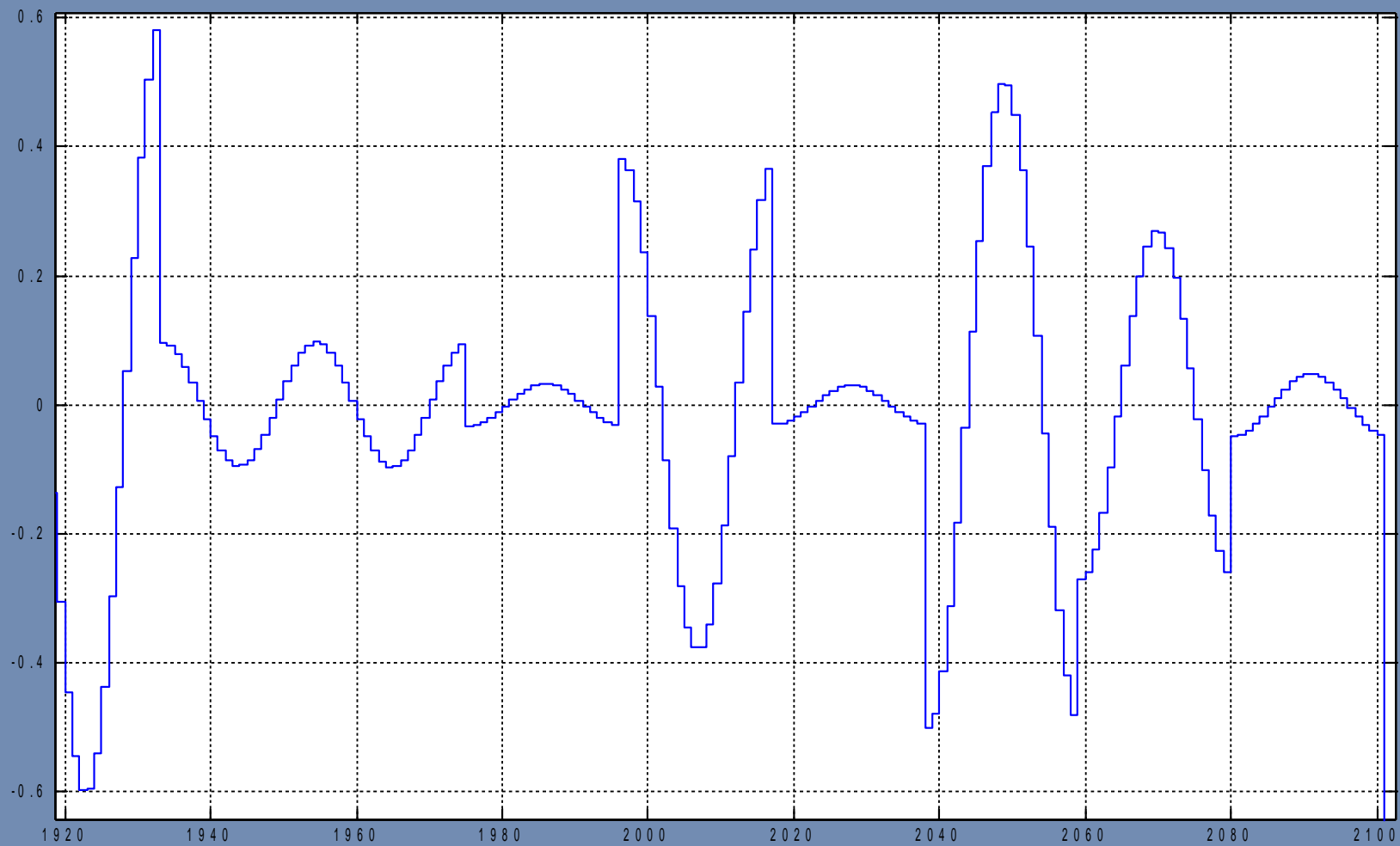
- Dosazením za $p(i)$ získáme

$$\tilde{j}(i) = \frac{1}{D-1} \sum_{k=0}^{D-2} \left(\sin \frac{2\pi}{N} (i + j_{i \div N - k}) - \sin \frac{2\pi}{N} i \right)$$

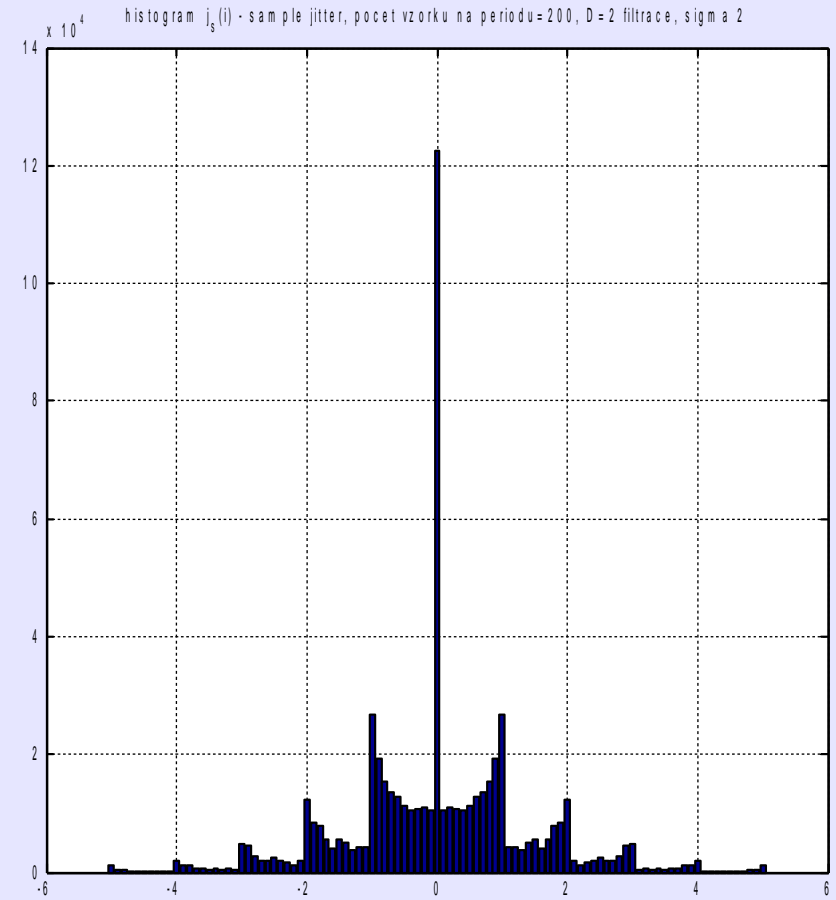
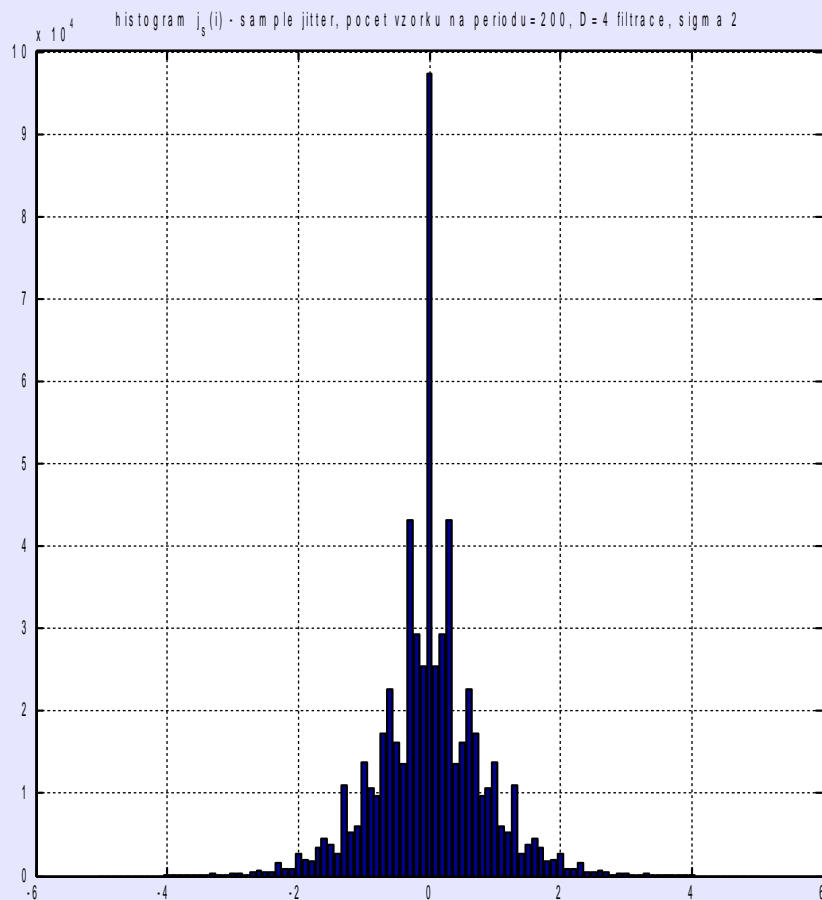
- Protože uvažujeme $j_{i \div N - k} \ll N$ lze ukázat, že

$$\tilde{j}(i) \approx \cos \left(\frac{2\pi}{N} i \right) \frac{2\pi}{N} \frac{1}{D-1} \sum_{k=0}^{D-2} j_{i \div N - k}$$

Propagace jitter – ilustrace šumu

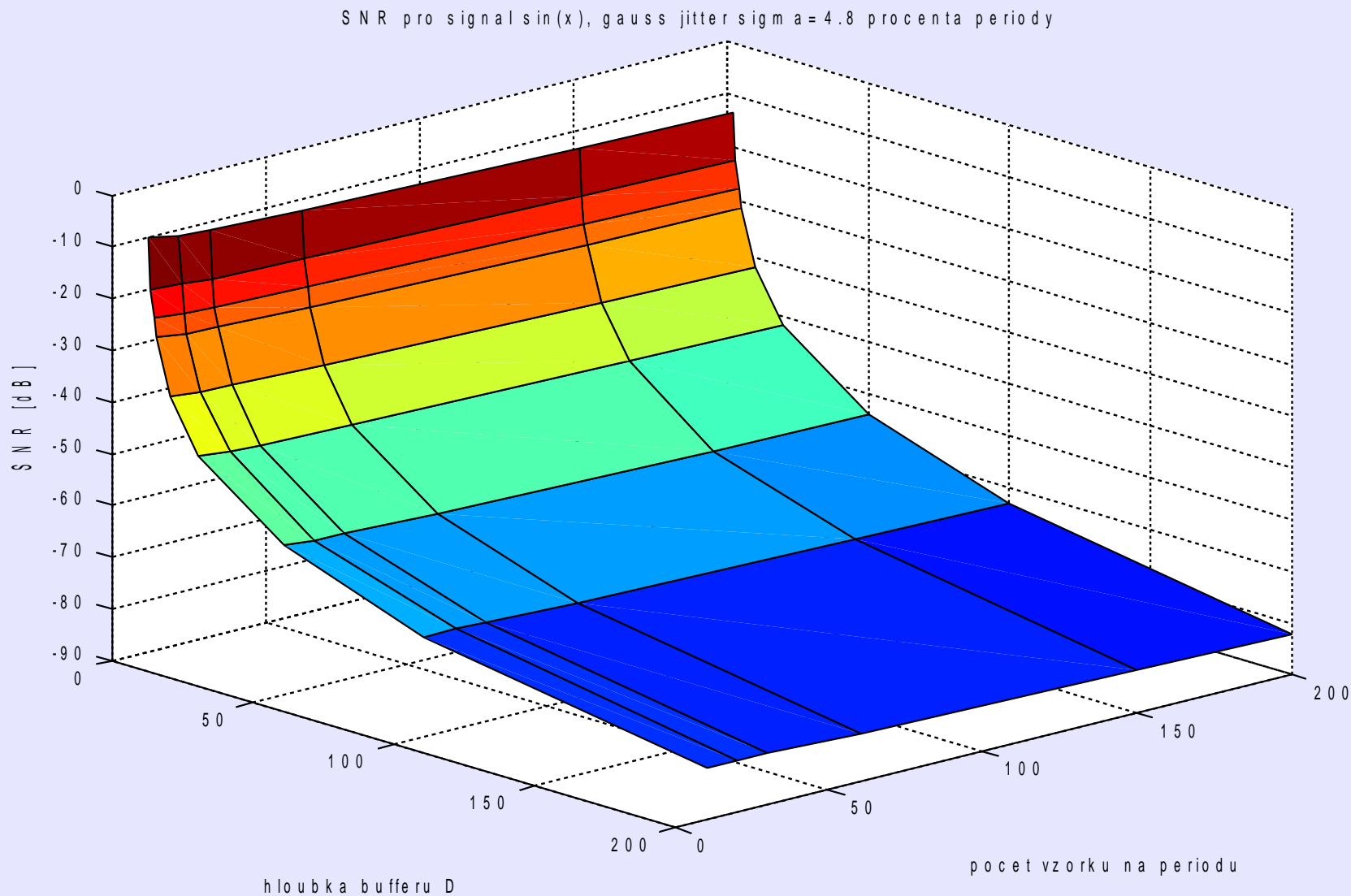


Propagace jitter – příklady hustot šumu

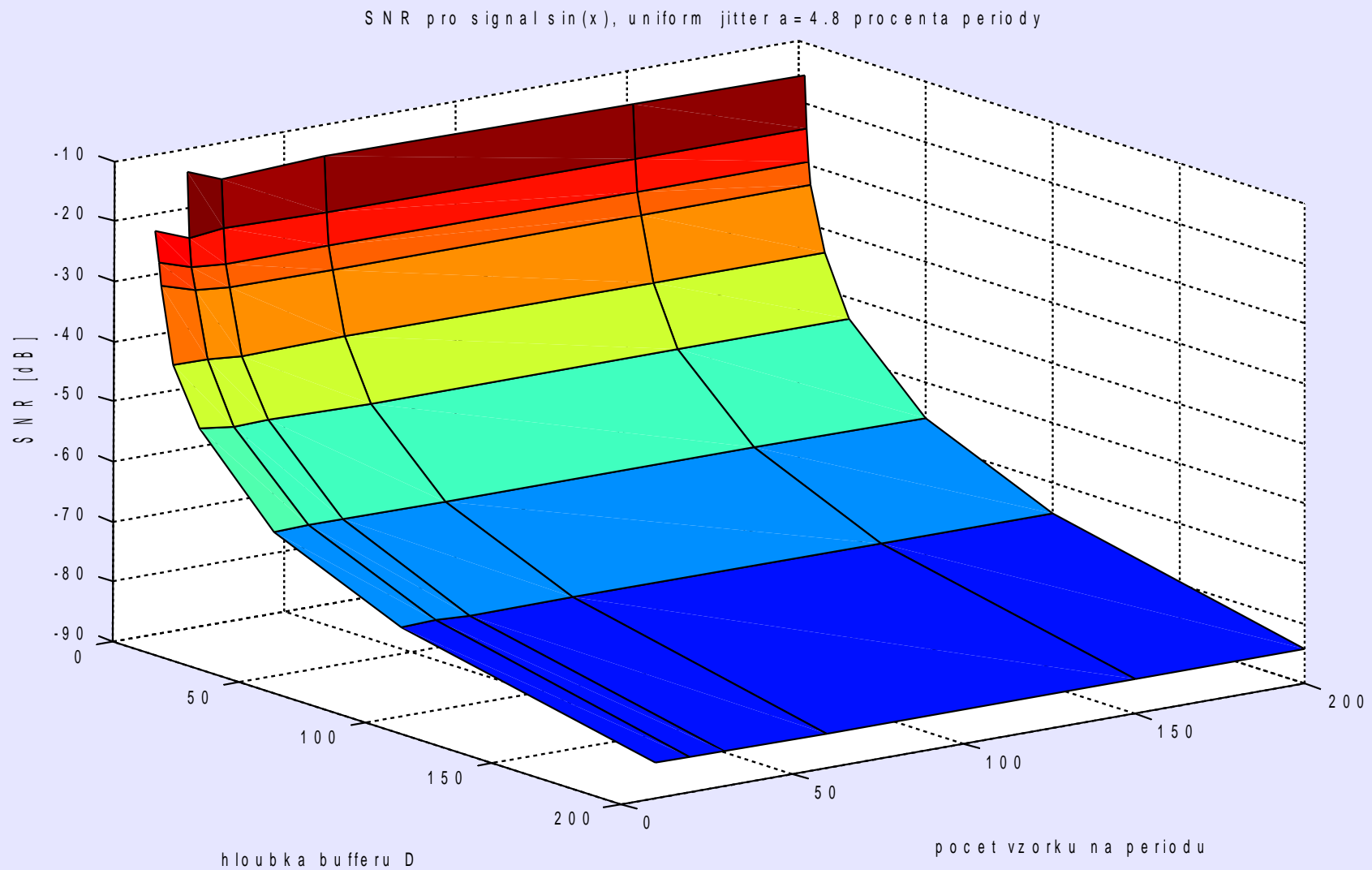


vlevo D=4, vpravo D=2 normání rozdělení j

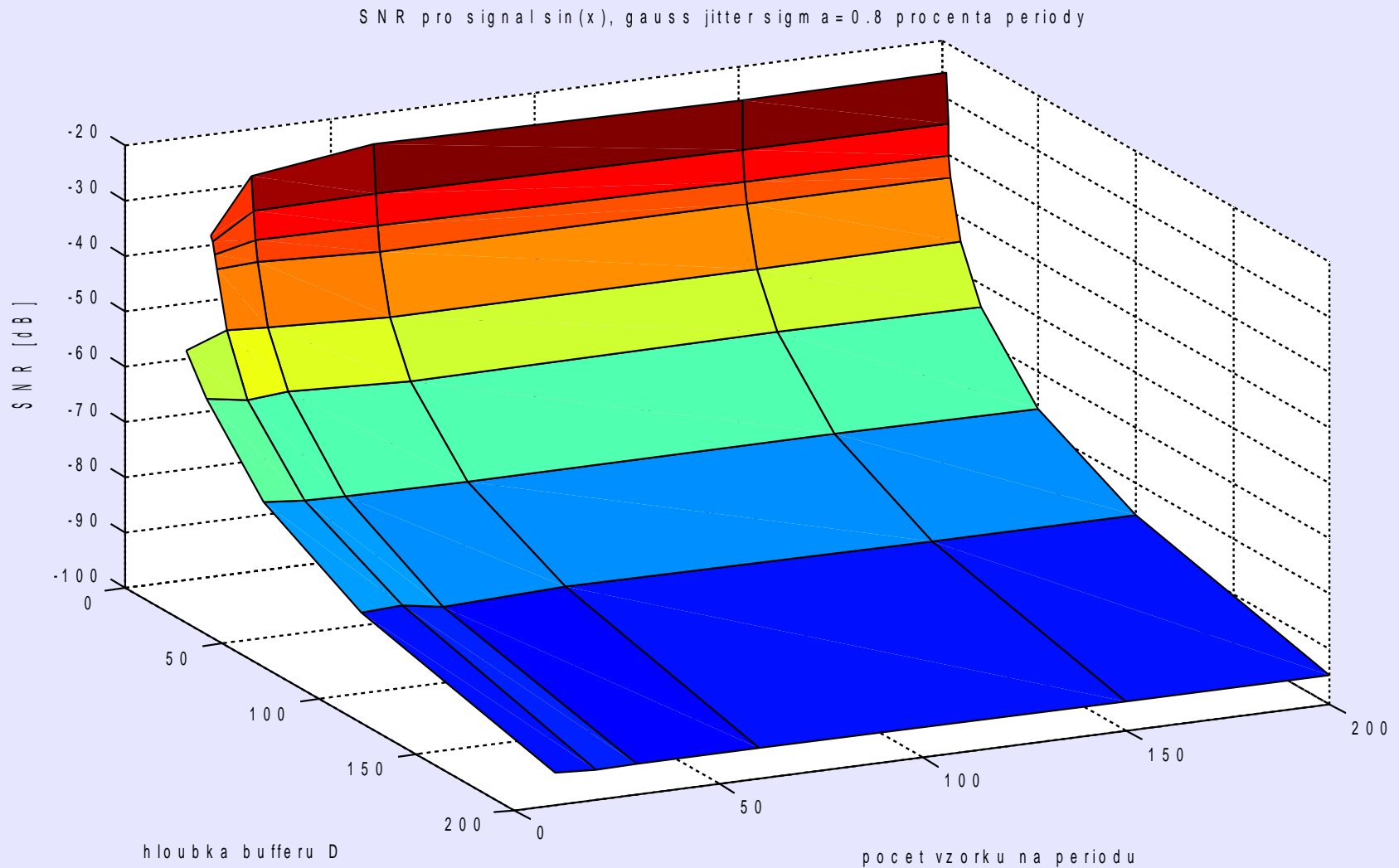
SNR pro $\sin(x)$ a jitter 4.8% periody, normální rozdělení j



SNR pro $\sin(x)$, jitter $4.8\%T$, rovnoměrné rozdělení

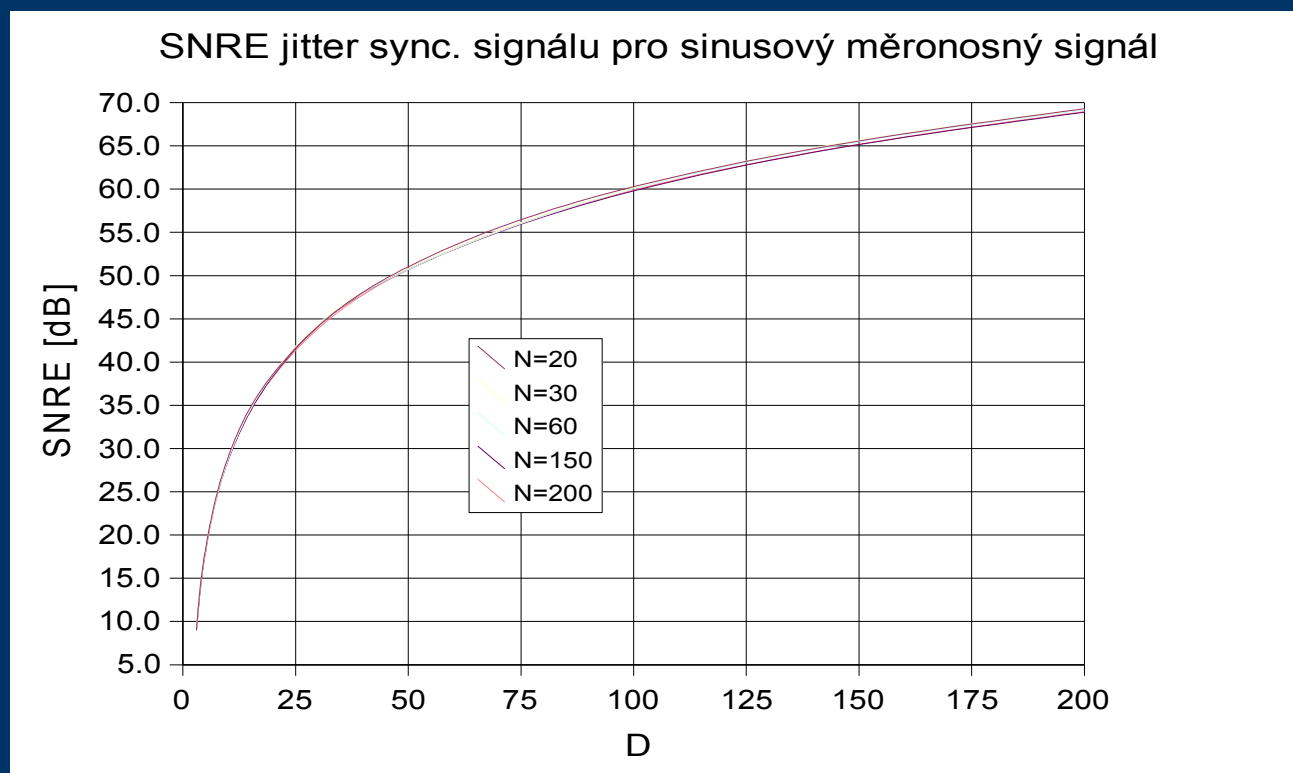


SNR pro $\sin(x)$ a jitter 0.8% periody, normální rozdělení j



SNRE jitter

- SNRE jitter sync signálu lze odvodit z rozdílu $SNR_{D=2}$ – $SNR_{po\ filtraci\ D>2}$.
- Průběh SNRE se blíží jen velmi přibližně $10\log\sqrt{D} D^2$



Konec.

