

# Technika bezdrátové komunikace

B2B17TBK

## Práce s dB

Přemysl Hudec

**ČVUT-FEL katedra elektromagnetického pole**

**hudecp@fel.cvut.cz**

verze 2025



# Definice

- Vyjádření v dB (decibelech) se používají v různých technických oborech (elektronika, mechanika, akustika, ...), a to pro vyjádření mnoha různých veličin (výkony, přenosy, tlaky, ...)
- dB jsou výhodné zejména pro:
  - **Proměnné s vysokým dynamickým rozsahem hodnot:**
    - Například místo  $0,000000427 \text{ W}$  je přehlednější  $-33,7 \text{ dBm}$ ,
    - výkon na vstupu RX může být  $P=3,3 \cdot 10^{-12} \text{ W}$ , přehlednější je vyjádření  $P_{\text{dBm}}=-84,8 \text{ dBm}$ ,
    - nebo místo zisku  $G=8,5 \cdot 10^5$  se s výhodou používá  $G_{\text{dB}}=59,3 \text{ dB}$ .
  - **Výpočty v kaskádách**, kdy je možné místo násobení a dělení používat sčítání a odčítání
- **Obecný vzorec pro dB:** 
$$X_{\text{dB}} = 10 \log(X)$$
- Přitom:
  - $X$  má obvykle význam podílu 2 výkonových veličin
  - Musí to být číslo bezrozměrné

# Ve VF oboru

- V oboru VF techniky se jedná zejména o:

- Zisk, přenos výkonu
- Útlum
- Výkonový koeficient odrazu

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

$$L = \frac{P_1}{P_2}$$

$$|\Gamma|^2 = \frac{P^-}{P^+}$$

- Vyjádření v dB jsou:

- **Zisk v dB**

$$G_{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = P_{2dBm} - P_{1dBm}$$

- **Útlum v dB**

$$L_{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = P_{1dBm} - P_{2dBm}$$

# Ve VF oboru

- Vyjádření odrazů v dB:

- Označení "útlum odrazů" = **Return Loss (RL)**
- Trochu zmatek - vyskytuje se se znamínkem  $\pm$
- Význam: **O kolik dB je výkon odražené vlny zatlumen oproti výkonu vlny dopadající**
- $RL=0$  znamená  $\Gamma=1 \rightarrow$  totální odraz, výkon odražené vlny je stejně velký, jako výkon vlny dopadající
- $RL=20$  dB znamená  $|\Gamma|=0,1 \rightarrow$  odráží se 1% dopadajícího výkonu

$$RL = |\Gamma|_{dB}^2 = 10 \log \frac{P^-}{P^+} = 20 \log |\Gamma|$$

- Pokud  $X$  není bezrozměrná veličina, je nutné ji normovat:

- Například **výkon v dBm** se normuje k 1 mW

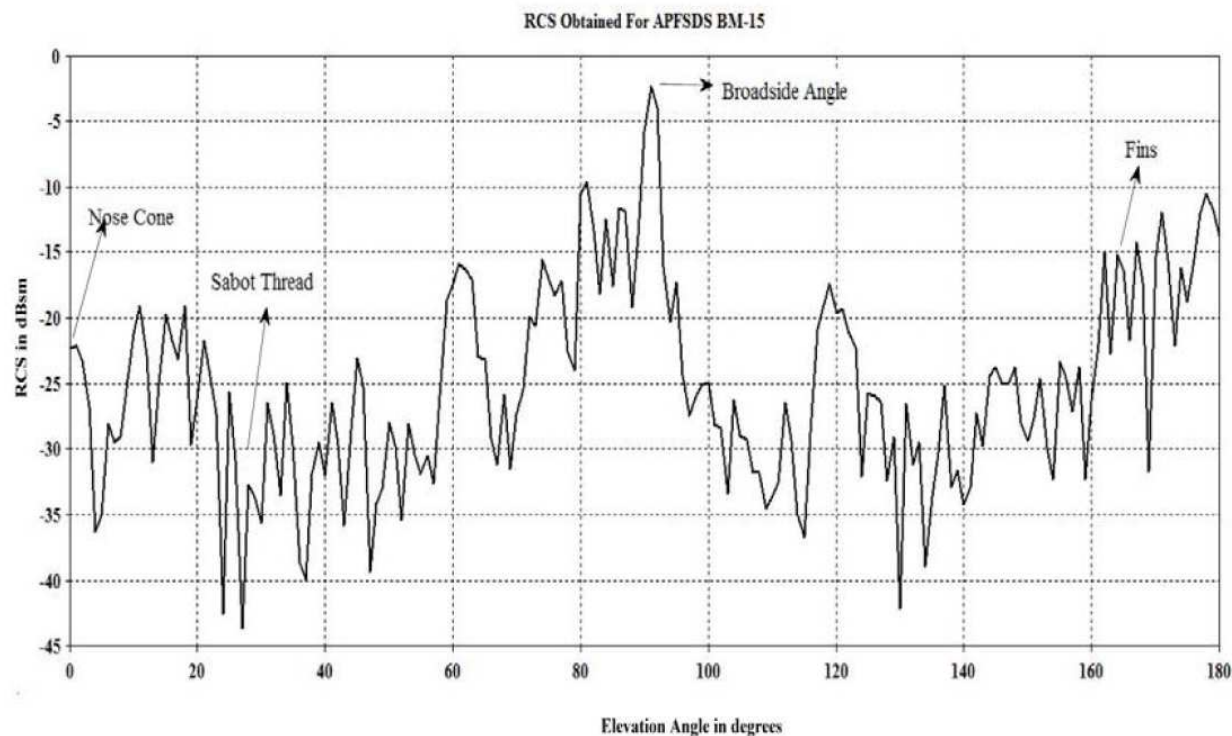
$$P_{dBm} = 10 \log \frac{P}{10^{-3}}$$

- Nebo v radarové technice se  $RCS$  normuje k 1 m<sup>2</sup>

$$RCS_{dBsm} = 10 \log \frac{RCS [m^2]}{1 [m^2]}$$

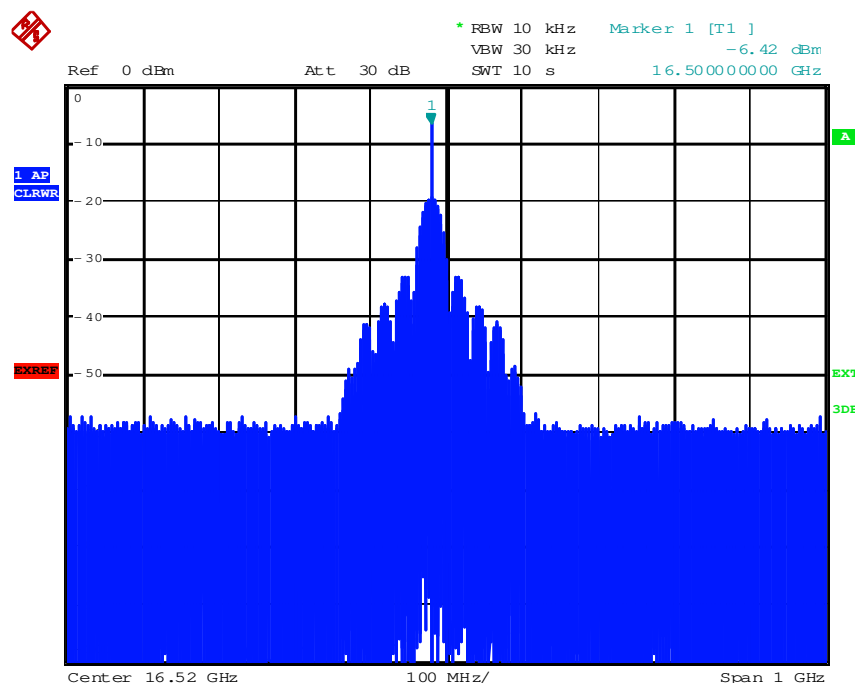
# Výhody dB - příklad 1

- Např. *RCS* má význam efektivní odrazné plochy cílů a nabývá:
  - Hodnot od řádově  $10^2$  m<sup>2</sup> pro velké cíle (např. dopravní letadlo, loď) až do řádově  $10^{-5}$  m<sup>2</sup> pro velmi malé cíle (např. kulka ze samopalu)
  - Přehlednější je vyjádření např. od +20dBsm do -50dBsm
  - *RCS* je závislé na úhlu pohledu na cíl, takovou závislost je možné vyjádřit jen v dB (nebo logaritmicky, což je v zásadě to samé)
  - Jinak není k dispozici potřebný dynamický rozsah zobrazení



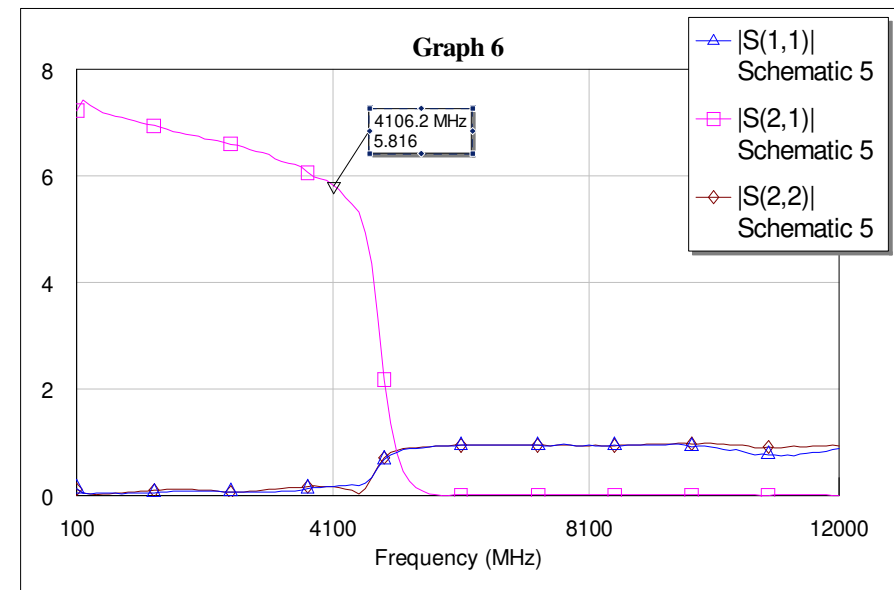
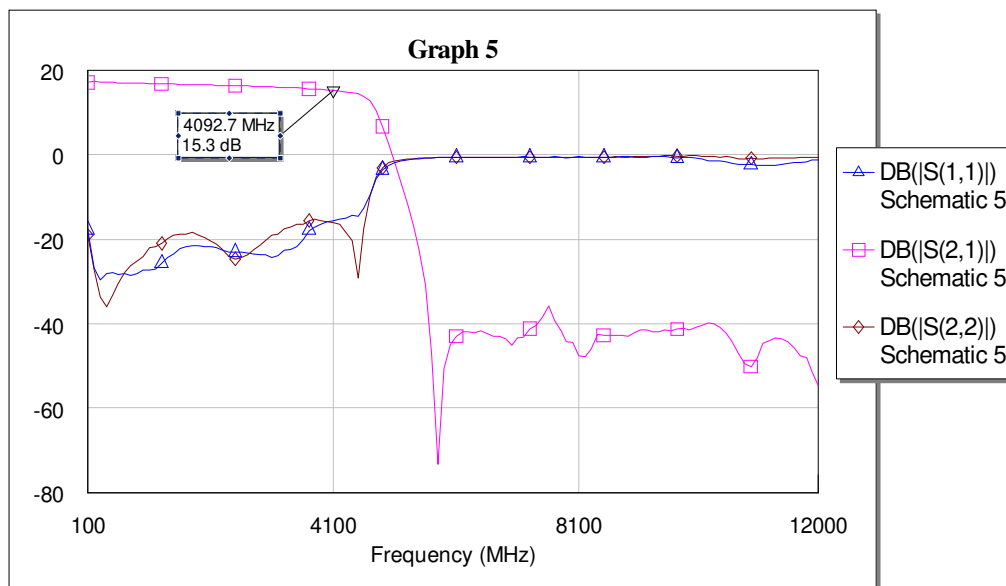
# Výhody dB - příklad 2

- Výhoda vyjádření **výkonu v dBm** je také aktuální např. při měření výkonu signálů pomocí spektrálního analyzátoru:
  - Níže uvedené spektrum odpovídá signálu 16 GHz s BPSK modulací
  - Signál má dynamický rozsah od  $-6,4 \text{ dBm}$  ( $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ , špička spektra uprostřed) do cca  $-60 \text{ dBm}$  ( $1 \cdot 10^{-9} \text{ W}$ , šumový práh dole).
  - Lineární zobrazení lze na SpA aktivovat, rozsah je pak ale jen cca 1:10
  - Z předmětného spektra by byla vidět jen horní špička
  - Při nastavení 10 dB/dílek je přehledně vidět rozsah  $80 \text{ dB} = 1:10^8$



# Výhody dB - příklad 3

- Frekvenční charakteristika  $G$  a  $RL$  kombinace zesilovač+filtr typu DP:
  - V pracovním pásmu je zisk cca 15 dB ( $G=31,6$ ), nad pracovním pásmem je přenos filtrem omezen, klesá až na -40 dB ( $G=0,0001$ )
  - V lineárním měřítku by takový graf byl nečitelný, viz. obrázek napravo
  - To samé se týká i vyjádření odrazů
  - V dB je v propustném pásmu přehledně vidět  $RL$  kolem -20 dB ( $|\Gamma|=0,1$ )
  - V nepropustném pásmu  $RL \rightarrow 0$ , tedy  $|\Gamma| \sim 1$
  - Při lineárním zobrazení je rozlišení velmi špatné



# Výpočty kaskád - příklad 1

- Výhody použití dB jsou zřejmé i při výpočtu přenosu výkonu i jen přes 2-bran:
  - Velmi jednoduchý příklad popisuje radiový přijímač, zadán je vstupní výkon signálu  $P_{in}$  a zisk přijímače  $G$ .
  - Úkolem je vypočítat výstupní výkon  $P_{out}$ .

$$G = 8,5 \cdot 10^5$$

$$G_{dB} = 59,3 \text{ dB}$$



$$P_{in} = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ W}$$

$$P_{out} = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

$$P_{indBm} = -84,8 \text{ dBm}$$

$$P_{outdBm} = -25,5 \text{ dBm}$$

- Úlohu je samozřejmě možné vypočítat v lineární oblasti:

$$P_{out} = P_{in} G = 3,3 \cdot 10^{-12} \cdot 8,5 \cdot 10^5 = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

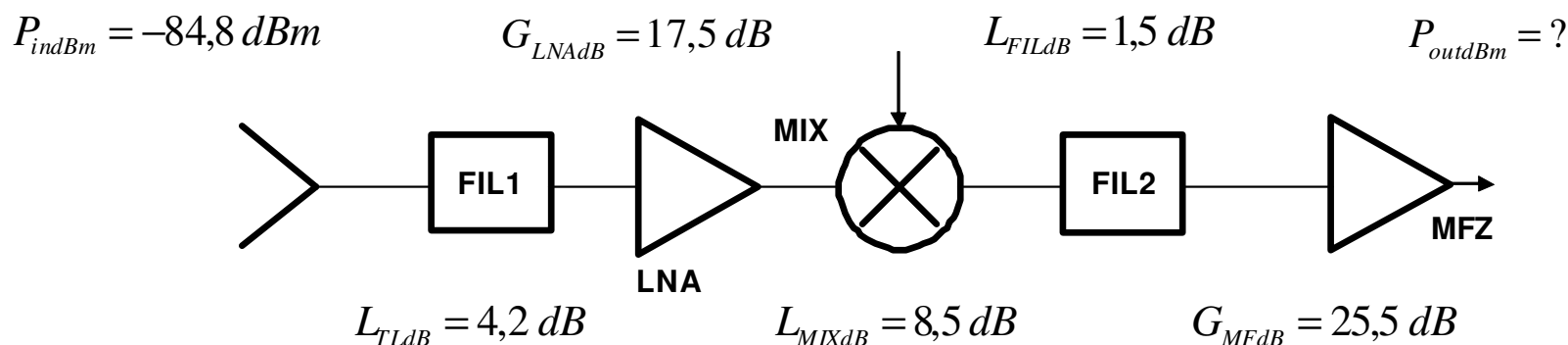
- Při vyjádření  $P_{in}$  a  $G$  v dB je možné  $P_{out}$  určit jednoduchým sčítáním:

$$P_{outdBm} = P_{indBm} + G_{dB} = -84,8 + 59,3 = -25,5 \text{ dBm}$$



# Výpočty kaskád - příklad 2

- Ještě větší výhoda použití dB je zřejmá při výpočtech delších kaskád:
  - Příkladem může být blokové schéma radiového přijímače
  - Skládá se z vstupního filtru FIL1, předzesilovače LNA, směšovače MIX, MF filtru FIL2 a MF zesilovače MFZ
  - Úkolem je opět vypočítat výstupní výkon  $P_{out}$



- V dB je možné úlohu vyřešit velmi jednoduchým sčítáním a odčítáním:

$$\begin{aligned}
 P_{outdBm} &= P_{indBm} - L_{TLdB} + G_{LNAdB} - L_{MIXdB} - L_{FILdB} + G_{MFdB} = \\
 &= -84,8 - 4,2 + 17,5 - 8,5 - 1,5 + 25,5 = -56dBm
 \end{aligned}$$

# Často používané hodnoty

- Převodní tabulka

<b>dB</b>	<b>dBm→[W]</b>	<b>dB→[-]</b>	<b>RL→ Γ </b>
+30	1	1000	-
+20	0,1	100	-
+10	0,01	10	-
0	0,001	1	1
-10	$10^{-4}$	0,1	0,316
-20	$10^{-5}$	0,01	0,1
-30	$10^{-6}$	0,001	0,0316
-40	$10^{-7}$	$10^{-4}$	0,01
-50	$10^{-8}$	$10^{-5}$	0,00316
....	.....	.....	
-100	$10^{-13}$	$10^{-10}$	

# Zpětný převod, shrnutí

- Při některých výpočtech je nutné přejít od vyjádření v dB zpět k lineárnímu vyjádření. Odvodit lze jednoduchý vztah:

$$X = 10^{\frac{X_{dB}}{10}}$$

- Například vztah pro lineární zisk je:

$$G = 10^{\frac{G_{dB}}{10}}$$

- V úvahu je nutné vzít případné normování
- Například výkon ve W dle výše uvedeného příkladu je:

$$P_{out} = 10^{-3} 10^{\frac{P_{out_{dBm}}}{10}} = 10^{-3} 10^{\frac{-56}{10}} = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

- **Shrnutí:**

- Vyjádření proměnných v dB patří mezi široce používanou techniku
- Výhodou je přehledné vyjádření v širokých mezích
- Umožňuje velmi jednoduché výpočty kaskád
- V praxi je velmi rozšířené
- V dB bývá vyjádřena většina katalogových parametrů