

DE DECIBEL

1. Inleiding

De decibel is één van de meest gebruikte functionele eenheid die toegepast wordt in elektronica, audio, akoustiek en antennetechnieken (antennes, versterkers en lange lijnen).

De Bel is geen echte eenheid maar wordt wel als functionele eenheid beschouwd. Hij is onbenoemd. Daarom wordt deze eenheid een **functionele eenheid** genoemd.

2. Wiskundige definitie

De logaritme van b met grondtal a wordt genoteerd als ${}^a\log b$ en is gedefinieerd als de exponent waartoe a moet verheven worden om b te verkrijgen. Hierbij is gesteld dat $a > 1$ en $b > 0$.

Per definitie geldt dat: ${}^a\log b = x \Rightarrow a^x = b$ en $a^{\log_a b} = b$ of

$$\forall a \in \mathbb{R}_0^+ \setminus \{1\}, \forall b \in \mathbb{R}_0^+ : {}^a\log b = x \Leftrightarrow a^x = b.$$

De logaritmen zijn voor diverse grondtallen a in tabel weergegeven. De meest voorkomende en ook meest gebruikte zijn de waarden $a = 10$ en $a = 2,718281828$.

Met $a = 10$ wordt het de decimale, Briggse of gewone logaritme genoemd = $\log b$.

Met $a = 2,718281828$ wordt het de natuurlijke of Nepriaanse logaritme genoemd = $\ln b$.

3. Wat is de decibel

De Bel is de logaritmische verhouding tussen twee **vermogensgrootheden**:

- het uitgangsvermogen P_o
- het ingangsvermogen P_i .

$$\text{Aantal Bel} = \log P_o/P_i.$$

Als eenheid is de Bel te groot en werd overeengekomen om deze eenheid 10x kleiner te maken. Dit heeft tot gevolg dat het maatgetal 10x groter moet worden.

$$\text{Grootheid} = \text{maatgetal} \times \text{eenheid}.$$

De uiteindelijke uitdrukking wordt dan:

$$\text{Aantal dB} = 10 \log P_o/P_i.$$

4. Waarom een logaritmische maat

3.1. Het gehoor verloopt logaritmisch (zie gehoorcurven van Fehner).
Voor een verdubbeling van gehoor moet het vermogen 100x hoger liggen.

3.2. Gemak van rekenen toen alles met rekentabellen moest gebeuren

X	wordt bij log	+
÷	wordt bij log	-
machtsverheffing	wordt bij log	X

3.3 Spanningsverzwakking langs lange lijnen verloopt exponentieel

$$E_s/E_i = e^{\alpha l} \Rightarrow \alpha l = \ln E_s/E_i \quad (\text{formule van Schotse wiskundige John Napier}).$$

α uitgedrukt in Np/m
 l = lengte van de lijn
 E_s : ingangsspanning
 E_i : uitgangsspanning.
 \ln : neperiaanse of natuurlijke logaritme
 e : Neperiaans grondtal of getal van Euler = 2,718281828.

De uitgangsspanning E_i is t.o.v. de ingangsspanning E_s verzwakt met een bedrag van 1 Neper. De verzwakking uitgedrukt in Neper (Np) is de natuurlijke logaritme van de spanning- of de stroomverhouding.

Spanningsversterking:

$$\ln E_o / E_i \text{ in Np}$$

Vermogenversterking:

$$\frac{1}{2} \ln P(x) / 1\text{mW} \text{ in Npm}$$

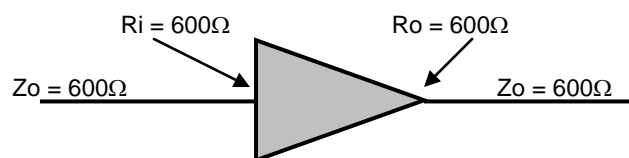
Opmerking: De Neper (Np) wordt nog maar zelden toegepast als eenheid.

Deze 3 redenen komen uit de telefonie luchtleijnen waarbij de karakteristieke lijnimpedantie $Z_o = 600\Omega$.

5. Toepassen van impedantiecorrectie

Het berekenen van vermogenversterking of vermogenverzwakking in dB op verschillende punten van de transmissieketen zijn enkel juist op voorwaarde dat de ketenimpedantie op ieder meetpunt gelijk zijn.

Indien ingangs- en uitgangsimpedanties niet gelijk zijn aan de karakteristieke impedantie dan moet er een impedantiecorrectie toegepast worden.



$$P = I^2 R = E^2 / R$$

$$\text{Aantal dB} = 10 \log E_o^2 / R_o / E_i^2 / R_i = 10 \log E_o^2 / E_i^2$$

$$10 \log I_o^2 \cdot R_o / I_i^2 \cdot R_i = 10 \log I_o^2 / I_i^2$$

$$\text{Aantal dB} = 20 \log E_o / E_i = 20 \log I_o / I_i.$$

Nieuwe definities:

1. Vermogenversterking: $10 \log P_o / P_i$ in dB $\text{dB}(W^\circ)$

2. Spanningsversterking: $20 \log E_o / E_i$ in dB $\text{dB}(V^\circ)$

3. Stroomversterking: $20 \log I_o / I_i$ in dB $\text{dB}(I^\circ)$

Deze 3 definities spreken over verschillende grootheden en worden onderscheiden door een achtervoegsel.

Dit geldt ENKEL indien de aansluitimpedanties gelijk zijn.

De correctie:

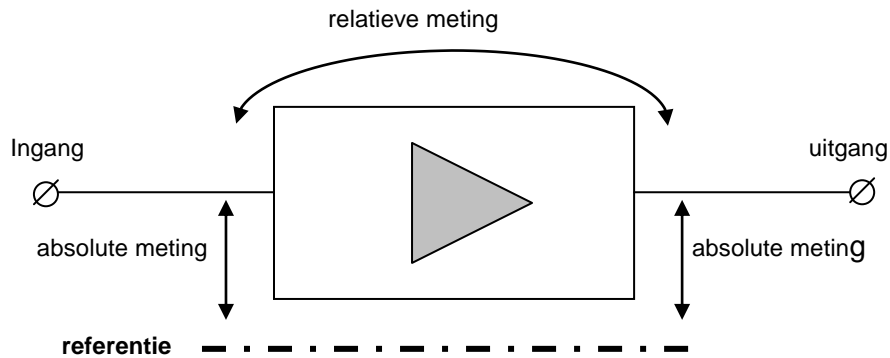
$$\begin{aligned} \text{dB}(W^\circ) &= 10\log P_o/P_i = 10\log E_o^2/R_o / E_i^2/R_i \\ &= 10\log ((E_o/E_i)^2 / R_o/R_i) = 20\log E_o/E_i - 10\log R_o/R_i \text{ of:} \end{aligned}$$

$$\text{dB}(W^\circ) = \text{dB}(V) - 10\log R_o/R_i.$$

Zijn de impedantie complex: $R = |Z| \cdot \cos \varphi$:

$$\text{dB}(W^\circ) = \text{dB}(V) - 10\log |Z_o/Z_i| - 10\log \cos\varphi_o/\cos\varphi_i.$$

6. Absolute en relatieve metingen



Relatieve meting is een maat voor versterking of verzwakking van de lijn of versterker en wordt uitgedrukt in dB.

Absolute meting is een meting t.o.v. een referentie of een niveau, uitgedrukt in dB met als achtervoegsel de vermelding van het referentieniveau. Deze uitdrukking is dus geen maat voor de versterking of verzwakking van de keten maar geeft enkel melding van welk vermogen er heerst op het meetpunt.

De referenties zijn afspraken die gekozen en internationaal aanvaard werden.

5.1. De vermogenreferenties

Laagfrequent	Hoogfrequent meettechniek	Hoogfrequent antenne	eenheid
Pref: 1mW Rref: 600Ω Eref: 0,775V Iref: 1,29mA	Pref: 1mW Rref: 50Ω Eref: 0,224V	Pref: 1mW Rref: 75Ω Eref: 0,274V	dBm

Vermogenniveau: $10\log P(x) / P_{ref}$ in dBre1mW:

Dit is een gemeten vermogen $P(x)$ ten opzichte van een vermogen van 1mW en wordt uitgedrukt in dBm.

Het aantal dBm geeft GEEN uitkomst voor de versterking. Het heeft alleen aan welk vermogen er heerst in het meetpunt.

Correctie omwille van niet gelijk weerstanden:

$$\text{Aantal dBm} = \text{aantal dBref224mV} - 10\log R(x) / 50\Omega$$

5.2. De spanningsreferenties

Eenheid	referentie
dBV	1V _{eff}
dBmV	1mV _{eff}
dB μ V	1 μ V _{eff}
dBref 775mV	775mV
dBref 224mV	224mV

Spanningsniveau: $20\log E(x) / E_{ref}$

LF: $20\log E(x) / 0,775 \Rightarrow \text{dBref775mV}$

HF: $20\log E(x) / 0,224 \Rightarrow \text{dBref224mV}$

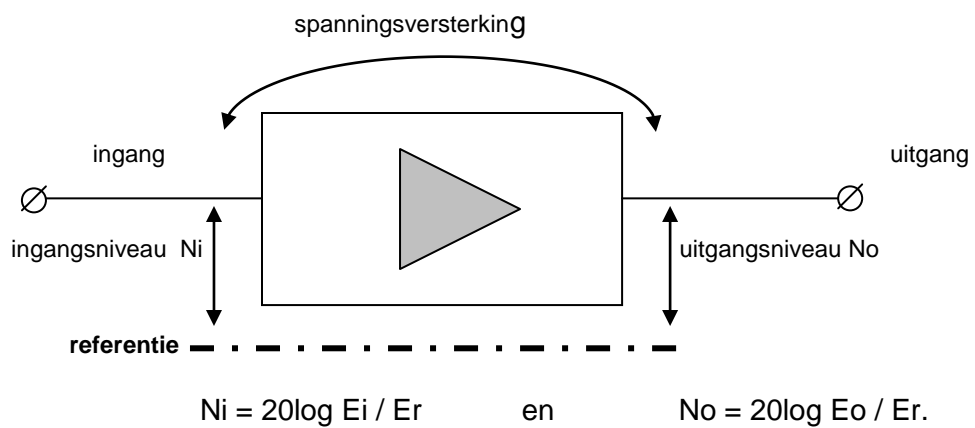
Correctie omwille van niet gelijke weerstanden:

Aantal dBm = aantal dBref775mV – $10\log R(x) / 600\Omega$.

5.3. Speciale meetreferenties

Eenheid	referentie	voorbeeld
dBW	1W	dBW = $10\log P(x) / 1$. 0dBW = 1W
dBk	1kW	dBk = $10\log P(x) / 1k$. 0dBk = 1kW
dB _i		Antennewinst ten opzichte van isotrope straler.

5.4. Het verband tussen absolute en relatieve meting



$$\begin{aligned}
 \text{Het verschil No-Ni} &= 20\log (\log E_o / E_r - \log E_i / E_r) \\
 &= 20\log E_o/E_r / E_i/E_r \\
 &= 20\log E_o / E_i
 \end{aligned}$$

Nu is $20\log E_o / E_i$ de spanningsversterking =>

SPANNINGSVERSTERKING = UITGANGSNIVEAU – INGANGSNIVEAU.

Bij het berekenen van de spannings- of stroomversterking moeten er geen weerstandscorrecties toegepast worden.

Vb. ingangsniveau: -35dB, uitgangsniveau: -45dB in een meetsysteem van 50Ω :

$$\text{versterking: } \underbrace{-45\text{dBre}224\text{mV}}_{\text{niveau}} - \underbrace{-35\text{dBre}224\text{mV}}_{\text{niveau}} = -10\text{dB}.$$

absoluut
relatief