

## Guadagno - Amplificatori in cascata - dB - dBm

Le misure espresse in decibel (dB) esprimono, in forma logaritmica, il rapporto tra due grandezze omogenee. Questo è un ottimo modo per esprimere l'amplificazione, perché permette di ottenere valori che possono essere facilmente addizionati tra loro. Quando l'amplificazione viene espressa in decibel, viene detta **guadagno**.

### Il guadagno in elettronica

Il guadagno (in inglese, *gain*) è riferito al rapporto tra due potenze per cui rappresenta un numero adimensionale, ed è definito come:

$$Gain[dB] = 10 \log(P_o/P_i)$$

Si esprime in **decibel**.

Tuttavia, in elettronica analogica si è spesso interessati a descrivere il guadagno tra due tensioni, piuttosto che tra due potenze. La potenza dissipata su una certa impedenza è proporzionale al quadrato della tensione, per cui è possibile scrivere:

$$Gain[dB] = 20 \log|Av| = 20 \log \left| \frac{U_u}{U_i} \right| \quad \text{dove } U_u \text{ e } U_i \text{ sono le tensioni di uscita e ingresso di un amplificatore}$$

dove la funzione modulo è stata aggiunta perché non è possibile effettuare il logaritmo di numeri negativi (questo vuol dire che il guadagno non tiene conto dell'inversione di fase dei segnali!).

È interessante notare che ogni aumento di 10 volte dell'amplificazione corrisponde ad un aumento di **20 dB** del guadagno, mentre un'amplificazione unitaria ( $U_u = U_i$ ) corrisponde a **0 dB**. Le attenuazioni ( $U_u < U_i$ ) sono invece caratterizzate da **valori negativi** di guadagno.

Quando si hanno più stadi in cascata, il guadagno complessivo del sistema è dato dalla **somma dei singoli guadagni**, mentre l'amplificazione complessiva è data dal prodotto delle singole amplificazioni (che generalmente è un calcolo meno confortevole da effettuare!).

### Da decibel ad amplificazione

Le misure in decibel possono essere facilmente convertite nei rispettivi valori di amplificazione semplicemente esplicitando l'amplificazione dalle equazioni precedenti. Ad esempio se

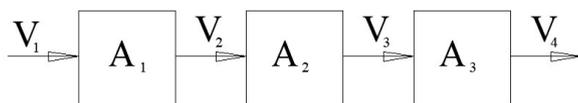
$$(A_v)_{dB} = 40dB \quad \text{quindi} \quad 20 \log A_v = 40 \quad \text{quindi} \quad \log A_v = \frac{40}{20} = 2 \quad \text{quindi} \quad A_v = 10^2 = 100$$

$\left  \frac{U_u}{U_i} \right $	Gain[dB]
10000	80 dB
1000	60 dB
100	40 dB
10	20 dB
1	0 dB
0,1=1/10	-20 dB
0,01=1/100	-40 dB
0,001=1/1000	-60 dB
0,0001=1/10000	-80 dB

$\left  \frac{P_u}{P_i} \right $	Gain[dB]
10000	40 dB
1000	30 dB
100	20 dB
10	10 dB
1	0 dB
0,1=1/10	-10 dB
0,01=1/100	-20 dB
0,001=1/1000	-30 dB
0,0001=1/10000	-40 dB

### Amplificatori multistadio in cascata

Un **amplificatore multistadio** (o a più stadi) è un amplificatore realizzato collegando fra di loro più amplificatori (detti **stadi**). Il collegamento si dice in **cascata** e consiste nel fatto che l'uscita di un amplificatore costituisce l'ingresso dell'amplificatore successivo. La figura seguente mostra per esempio un amplificatore a tre stadi:



Si osservi che con questo collegamento si ha:

$$A_1 = \frac{V_2}{V_1} \quad A_2 = \frac{V_3}{V_2} \quad A_3 = \frac{V_4}{V_3}$$

$A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  rappresentano rispettivamente le amplificazioni del primo, del secondo e del terzo stadio in cascata abbiamo dunque:

$$A_{TOT} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_3}{V_2} \times \frac{V_4}{V_3}$$

si può facilmente concludere che l'amplificazione totale è data dal prodotto delle tre amplificazioni:

$$A_{TOT} = A_1 \times A_2 \times A_3$$

Questo risultato può essere facilmente generalizzato al collegamento in cascata di un numero qualsiasi di stadi: l'amplificazione totale è in generale il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi.

Non è difficile ricavare che, se invece delle amplificazioni A si considerano i guadagni G in decibel, il guadagno totale di un amplificatore multistadio è dato dalla somma dei guadagni in decibel dei singoli stadi di amplificazione:

$$20\log A_{TOT} = 20\log(A_1 \times A_2 \times A_3) = 20\log A_1 + 20\log A_2 + 20\log A_3$$

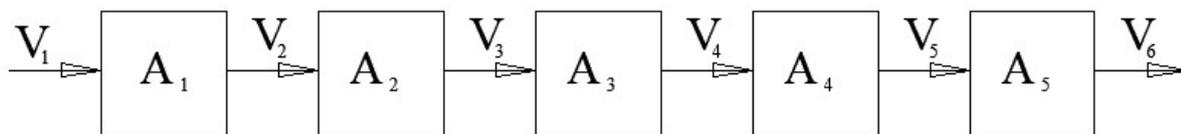
$$G_{TOT} = G_1 + G_2 + G_3$$

Il problema è che questi risultati sono veri solo se tutti gli stadi sono amplificatori ideali cioè con resistenza di ingresso infinita e resistenza di uscita nulla. In caso contrario ciascuno stadio fa da carico al precedente causando una produzione e un assorbimento di corrente: tale fenomeno ha come risultato ultimo quello di abbassare il valore dell'amplificazione e del guadagno totali.

Se consideriamo un sistema di telecomunicazioni dove ci sono amplificatori e tratti di linea che attenuano il segnale avremo anche delle attenuazioni immediatamente riconoscibili dal valore negativo del guadagno

$$G_1 = 20dB \quad G_2 = -20dB \quad G_3 = 10dB \quad G_4 = -5dB \quad G_5 = 15dB$$

$$G_{tot} = 20dB$$



Calcoli e progetto sono immediati e semplici facendo la somma algebrica dei guadagni

dBm è invece una unità assoluta di potenza

$$P(\text{dBm}) = 10\log\left(\frac{P}{1m}\right)$$

quindi

0dBm	equivale a	1mW
10dBm	equivale a	10mW
20dBm	equivale a	100mW
30dBm	equivale a	1W