

# **Princípios de Sistemas de Telecomunicações**

## **Unidades de medidas logarítmicas em telecomunicações**

Marcos Moecke  
São José - SC, 2006 (b)

# SUMÁRIO

<b><u>1. UNIDADES DE MEDIDAS LOGARÍTMICAS EM TELECOMUNICAÇÕES.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 USO DO DECIBEL PARA RAZÕES DE POTÊNCIA.....	3
1.3 MEDIDA ABSOLUTA DE POTÊNCIA EM DB (DBM).....	4
1.4 MEDIDA ABSOLUTA DE TENSÃO EM DB (DBU).....	5
1.5 OPERAÇÕES COM DB:.....	6
1.6 OPERAÇÕES COM DBM:.....	7
1.7 DECIBEL RELATIVO (DBR).....	8
1.8 POTÊNCIA ABSOLUTA DO PONTO DE REFERÊNCIA (DBM0).....	9
1.9 USO DE DBU PARA MEDIR DBM.....	10
1.10 OUTRAS UNIDADES DE MEDIDAS EM DB.....	10
1.11 PREFIXOS PARA MÚLTIPLOS DECIMAIS PARA UNIDADES.....	11
1.12 EXERCÍCIOS:.....	12

# 1. UNIDADES DE MEDIDAS LOGARÍTMICAS EM TELECOMUNICAÇÕES

## 1.1 Introdução

O **decibel (dB)** é uma medida da [razão](#) entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em [acústica](#), [física](#), [eletrônica](#) e [telecomunicações](#). Por ser uma razão entre duas quantidades iguais o **decibel** é uma unidade de medida adimensional semelhante a [percentagem](#). O dB usa o logaritmo decimal ( $\log_{10}$ ) para realizar a compressão de escala. Um exemplo típico de uso do dB é na medição do ganho/perda de potência em um sistema. Além do uso do dB como medida relativa, também existem outras aplicações na medidas de valores absolutos tais como potência e tensão entre outros (dBm, dBV, dBu). O emprego da subunidade dB é para facilitar o seu uso diário (Um decibel (dB) corresponde a um décimo de bel (B)).

### 1.1.1 O bel é uma unidade do sistema SI?

Embora o [Comitê Internacional de Pesos e Medidas](#) (BIPM) recomende a inclusão do decibel no sistema [SI](#), ele ainda não é uma unidade do SI. Apesar disso, seguem-se as convenções do SI, sendo a letra **d** grafada em minúscula por corresponder ao prefixo **deci-** do SI, e a letra **B** grafada em maiúscula pois é uma abreviação da unidade [bel](#) que é derivada de nome Alexander Graham **Bell**.

### 1.1.2 História e uso do bel e decibel

O bel foi inventado por engenheiros do [Bell Labs](#) para quantificar a redução no nível acústico sobre um [cabo telefônico](#) padrão com 1 [milha](#) de comprimento. Originalmente era chamado de **unidade de**

**transmissão** ou **TU**, mas foi renomeado entre 1923 e 1924 em homenagem ao fundador do laboratório [Alexander Graham Bell](#).

### 1.1.3 Vantagens do uso do decibel

As vantagens do uso do decibel são:

- É mais conveniente somar os ganhos em decibéis em estágios sucessivos de um sistema do que multiplicar os seus ganhos lineares.
- Faixas muito grandes de razões de valores podem ser expressas em decibéis em uma faixa mais moderada possibilitando uma melhor visualização dos valores grandes e pequenos.
- Na acústica o decibel usado como uma escala logarítmica da razão de intensidade sonora se ajusta melhor a intensidade percebida pelo ouvido humano. O aumento do nível de intensidade em decibéis corresponde aproximadamente ao aumento percebido em qualquer intensidade, fato conhecido com a Lei de potências de Stevens. Por exemplo, um humano percebe um aumento de 90 dB para 95 dB como sendo o mesmo que um aumento de 20 dB para 25 dB.

### 1.1.4 Outras escalas logarítmicas

O [neper](#) é uma unidade similar que usa o [logaritmo natural](#). A [escala Richter](#) também usa números expressos em bels. Na [espectrometria](#) e na [óptica](#) as unidades de [absorbância](#) são equivalentes a -1 B. Na [astronomia](#) a [magnitude aparente](#) que mede o brilho das [estrelas](#) também é uma unidade logarítmica, uma vez que da mesma forma que o [ouvido](#) responde de modo logarítmico a [potencia acústica](#), o [olho](#) também responde de modo logarítmico a [intensidade luminosa](#).

## 1.2 Uso do decibel para razões de potência

O cálculo da relação de potência em dB  $G_{dB}$  entre dois valores de potência corresponde ao ganho de potência, sendo dado por

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_0} \right)$$

ou vice-versa

$$\frac{P_1}{P_0} = 10^{(G_{dB}/10)}$$

onde  $P_0$  e  $P_1$  são níveis de potências absolutas expressas na mesma unidade (W, mW, pW, etc), e  $G_{dB}$  é a razão entre as potências (ganho) expressa em dB. A relação entre 2 potências é conhecida como ganho linear

$$G_{W/W} = \frac{P_1}{P_0}$$

O recíproco do ganho é conhecido como atenuação

$$A_{W/W} = \frac{1}{G_{W/W}}$$

Em decibéis a atenuação é dada por

$$A_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{-1} = -G_{dB}$$

Como o dB é uma unidade de comparação de níveis de potência. Não é correto dizer que uma potência vale X dB e sim que uma potência  $P_1$  é X dB maior ( $G_{dB} > 0$ ) ou menor ( $G_{dB} < 0$ ) que a outra potência  $P_0$ . Quando  $P_1$  representar a potência de um sinal (S - *Signal*) e  $P_0$  a potência de um ruído (N - *Noise*) designamos a razão entre as potências de razão sinal/ruído (SNR – *Signal Noise Ratio*).

A razão entre [tensões](#) também pode ser expressas em decibéis através da equação

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{V_1^2/Z_0}{V_0^2/Z_0} \right) = 20 \log \left| \frac{V_1}{V_0} \right|$$

ou vice-versa

$$\left| \frac{V_1}{V_0} \right| = 10^{(G_{dB}/20)}$$

Essa relação de tensões em dB é equivalente a relação de potências entre os pontos se as [impedâncias](#)  $Z_0$  e  $Z_1$  forem iguais. No entanto se forem diferentes, é incorreto utilizar essa medida. Veja porque abaixo:

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_0} \right) = 10 \log \left( \frac{V_1^2/Z_1}{V_0^2/Z_0} \right)$$

se  $Z_1 = Z_0$  então

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{V_1}{V_0} \right)^2 = 20 \log \left| \frac{V_1}{V_0} \right|$$

se  $Z_1 \neq Z_0$  então

$$G_{dB} = 20 \log \left| \frac{V_1}{V_0} \right| + 10 \log \frac{Z_0}{Z_1}$$

### 1.3 Medida absoluta de potência em dB (dBm)

O [dBm](#) ou dBmW é o nível absoluto de potência em dB, em relação à potência de 1mW. É usado em telecomunicações como uma medida de potência absoluta devido a sua capacidade de expressar tanto valores muito grandes como muito pequenos de uma forma curta. A grande vantagem do uso do dBm é que sua medida independe da impedância.

Para expressar um potência  $P_{mW}$  como  $P_{dBm}$  usa-se

$$P_{dBm} = 10 \log \frac{P_W}{1\text{mW}}$$

e vice-versa

$$P_{mW} = (1\text{mW})10^{(P_{dBm}/10)}$$

Quando o valor  $P_{dBm} = x > 0$ , então a potência  $P_{mW}$  é  $x$  dB maior que 1mW. Se  $P_{dBm} = x < 0$ , então a potência  $P_{mW}$  é  $x$  dB menor que 1mW.

Outras medidas de potência absoluta que são raramente usadas:

**dBW** — **potência** absoluta relativa a 1 [watt](#).

**dBf** — **potência** absoluta relativa a 1 [femtowatt](#).

**dBk** — **potência** absoluta relativa a 1 [kilowatt](#).

Nível	Potência	Potência	Situação prática em que ocorre
80 dBm	100000 W	100 kilowatt	Potência típica de uma transmissora de radio FM
60 dBm	1000 W	1 kilowatt	Potência de RF dentro de um forno microondas.
27 dBm	500 mW	½ kilowatt	Potência típica de transmissão do telefone celular
20 dBm	100 mW		
10 dBm	10 mW		
0 dBm	1.0 mW	1 miliwatt	
-10 dBm	0.1 mW		
-20 dBm	0.01 mW	10 microwatt	
-55 dBm	0,00000316 mW	3,16 nanowatt	Potência típica de recepção do telefone celular
-80 dBm	0,00000001 mW	10 picowatt	
-127.5 dBm	0,00000000000018 mW	0,18 femtowatt	Potência de recepção do aparelho GPS

**Figura 1 – Potências típicas em Watt e dBm**

## 1.4 Medida absoluta de tensão em dB (dBu)

Se na equação de definição do ganho em dB

$$G_{dB} = 20 \log \left| \frac{V_1}{V_0} \right|$$

substituímos a tensão  $V_0$  pelo valor  $0.775\text{V}$  que equivale a potência de 1mW (0dBm) quando aplicado a uma impedância de  $600\Omega$ , teremos uma forma de expressar em valores absolutos a tensão de um ponto do sistema. A impedância de  $600\Omega$  é o valor padronizado para a maioria dos circuitos de voz em telefonia pelo ITU-T. A unidade obtida é

conhecida por  $V_{dBu}$ . A transformação de uma tensão  $V_1$  em dBu é feita através de:

$$G_{dB} = 20 \log \frac{V_1}{0,775}$$

e vice-versa

$$|V_1| = (0,775 \text{ V}) 10^{(V_{dBu} / 20)}$$

As vezes também é usada a abreviação dBv, mas dBu é mais comum pois dBv é facilmente confundida com dBV que é a medida da tensão absoluta relativa a **1 volt**.

$$V_{dBV} = 20 \log \left| \frac{V_1}{1 \text{ V}} \right|$$

e vice-versa

$$|V_1| = 10^{(V_{dBV} / 20)} \text{ V}$$

## 1.5 Operações com dB:

As únicas operações possíveis entre dois valores expressos em dB são a soma e a subtração, sendo o resultado também expresso em dB. Como as razões expressas dB estão em escala logarítmica, a operação de soma em dB corresponde a uma multiplicação na escala linear e a subtração em dB a uma divisão.

$$G3_{dB} = G1_{dB} + G2_{dB} \Rightarrow G1_{\frac{w}{w}} \times G2_{\frac{w}{w}}$$

$$G3_{dB} = G1_{dB} - G2_{dB} \Rightarrow \frac{G1_{\frac{w}{w}}}{G2_{\frac{w}{w}}}$$

A tabela a seguir apresenta alguns valores típicos de parcelas em dB e o significado equivalente, em escala linear, da soma ou subtração dessas parcelas.



ESCALA LOGARÍTMICA Parcela a somar (ou subtrair)	ESCALA LINEAR Fator a multiplicar (ou dividir)
0dB	=1
1dB	~1,25
2dB	~1,6
3dB	~2
4dB	~2,5
5dB (3dB + 2dB)	~3,2 (2 x 1,6)
6dB (3dB + 3dB)	~4 (2 x 2)
7dB (10dB - 3dB)	~5 (10 ÷ 2)
10dB	=10
- 3dB	~0,5 (1 ÷ 2)
-10dB	=0,1 (1 ÷ 10)
20dB (10dB + 10dB)	=100 (10 x 10)
23dB (20dB + 3dB)	~200 (100 x 2)
27dB (30dB - 3dB)	~500 (1000 ÷ 2)
30dB (10dB + 10dB + 10dB)	=1000 (10 x 10 x 10)

Figura 2 – Escala Logarítmica x escala linear

## 1.6 Operações com dBm:

Dada uma certa potência absoluta expressa em dBm, a soma (ou subtração) de um valor em dB significa, em escala linear, a multiplicação (ou divisão) da potência pelo fator correspondente. O resultado é uma nova potência absoluta, portanto expressa em dBm.

$$P2_{dBm} = P1_{dBm} + G_{dB} \Rightarrow P2_w = P1_w \times G_{\frac{w}{w}}$$

Assim, se dobramos uma potência teremos em dB

$$P2_{dBm} = P1_{dBm} + 3dB \Rightarrow P2_w = P1_w \times 2_{\frac{w}{w}}$$

Se reduzimos a potência a metade então

$$P2_{dBm} = P1_{dBm} - 3dB \Rightarrow P2_w = \frac{P1_w}{2_{\frac{w}{w}}}$$

Ou seja, somar 3dB equivale a dobrar a potência enquanto diminuir 3dB corresponde reduzir a potência à metade.

A comparação de dois valores expressos em dBm pode ser feita subtraindo os valores  $P_{2,dBm} - P_{1,dBm}$  e obtendo-se a razão entre as

potências ( $P_2/P_1$ ) em dB. Note que neste caso o resultado é em dB, pois se trata de uma razão entre potências e não é uma potência absoluta.

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = P2_{dBm} - P1_{dBm}$$

A subtração de duas potências dadas em dBm resulta no valor em dB da razão dessas duas potências. O valor de potência em dBm somado (ou subtraído) à dB resulta num novo valor de potência em dBm. Duas potências dadas em dBm não podem ser somadas.

Quanto tivermos duas ou mais potências dadas em dBm e quisermos saber a soma resultante, desde que os sinais que produzem essas potências sejam descorrelacionados, as potências terão que ser passadas para a escala linear (w), somas e o resultado retornado para a escala logarítmica (dBm).

$$P_{dBm} = 10 \log 10^{(P1_{dbm}/10)} + 10^{(P2_{dbm}/10)} \dots + 10^{(P3_{dbm}/10)}$$

## 1.7 Decibel relativo (dBr)

Esta unidade, denominada dB relativo, é utilizada para indicar a atenuação ou o ganho em um ponto qualquer de um sistema, em relação a um ponto de referência do sistema. O ponto de referência é definido como tendo um nível de 0dBr, e todos os outros pontos tem seus níveis indicados com níveis relativos a esse de referência. O ponto de referência pode, em princípio, ser arbitrariamente definido como sendo qualquer ponto do sistema, ou mesmo fora dele.

Deve-se notar que os níveis relativos não estão relacionados diretamente com a potência ou amplitudes reais no sistema, podendo ser indicados mesmo na ausência de qualquer sinal.

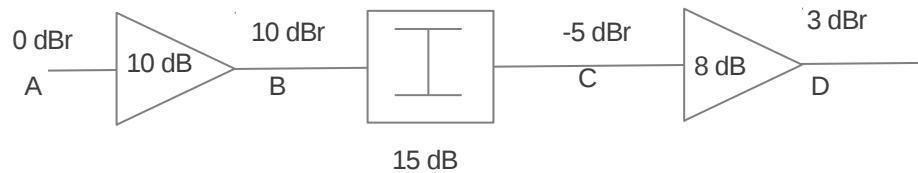


Figura 3 – Sistema

Na figura 3 o nível relativo no ponto D, igual a 3dBr, indica que neste ponto o nível é 3dB acima do ponto de referência (A). Por exemplo, se um sinal de 10mW (10dBm) for aplicado em A (0dBr), o nível no ponto D (3dBr) estará valor 3dB acima, ou seja, 10dBm + 3dB → 13dBm (20mW). Por outro lado se o sinal aplicado em A for de 1mW (0dBm), então em D teremos 3dBm (2mW).

## 1.8 Potência absoluta do ponto de referência (dBm0)

A unidade dBm0 é a potência absoluta, em dBm, medida no ponto de referência - nível relativo zero do sistema (0dBr). Esta unidade é normalmente usada para indicar a potência de sinais de níveis fixos tais como: sinais de teste, tons de sinalização, pilotos, etc. Acrescenta-se o zero "0" para significar que o nível em dBm corresponde ao valor medido no ponto de referência.

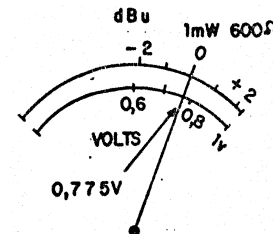
Em um sistema se o ponto de referência tem um determinado nível absoluto (por exemplo -20dBm), então se diz que em qualquer ponto do sistema este sinal tem essa potência em -20dBm0. A potência absoluta nos diversos pontos do sistema é obtida somando-se a potência dBm0 com a potência dBr do ponto.

$$P_{A,dBm} = P_{A,dBm0} + P_{A,dBr}$$

Assim por exemplo, um ponto com 5dBr e potência de -20dBm0 terá -15dBm de potencia absoluta.

## 1.9 Uso de dBu para medir dBm

Em telecomunicações, para se medir o nível de potência em dBm de um determinado ponto de um circuito, normalmente se termina o sistema com uma carga resistiva igual a impedância nominal do sistema e mede-se a tensão através de um voltímetro que tem uma escala calibrada conforme a figura mostrada ao lado. Se a impedância característica no ponto de teste é de 600Ω, a potência em dBm é a mesma do nível obtido em dBu.



$$P_{\text{dBm}} = V_{\text{dBu}}$$

Se a impedância for diferente de 600Ω, então a potência em dBm será obtida pela leitura em dBu acrescido do fator de correção K.

$$P_{\text{dBm}} = V_{\text{dBu}} + K \quad \text{onde} \quad K = 10 \log \frac{600}{Z_1}$$

A tabela abaixo mostra o fator de correção K para alguns valores de impedância.

Z	1200Ω	600Ω	300Ω	150Ω	120Ω	75Ω	60Ω
K	-3dB	0dB	3dB	6dB	7dB	9dB	10dB

Figura 4 – Fatores de correção K de impedância

## 1.10 Outras unidades de medidas em dB

**dBμ** intensidade do campo elétrico relativo a 1 [microvolt](#) por metro.

**dBd** medida de **ganho de antena** com relação a uma antena de **dipolo** de 1/2 comprimento de onda.

**dBi** medida de **ganho de antena** com relação a uma antena **isotrópica**.

[dBm](#) potencia de **ruído** acima do ruído de referencia (1 picowatt → -90dBm).

## 1.11 Prefixos para múltiplos decimais para unidades

Fator	Valor completo	palavra	Prefixo SI	Símbolo SI
1.0E+24	1 000 000 000 000 000 000 000 000	septilhão	yotta	Y
1.0E+21	1 000 000 000 000 000 000 000 000	sextilhão	zetta	Z
1.0E+18	1 000 000 000 000 000 000 000	quintilhão	exa	E
1.0E+15	1 000 000 000 000 000 000	quadrilhão	peta	P
1.0E+12	1 000 000 000 000 000	trilhão	tera	T
1.0E+9	1 000 000 000	bilhão	giga	G
1.0E+6	1 000 000	milhão	mega	M
1.0E+3	1 000	mil	kilo	k
1.0E+2	100	cem	hecto	h
1.0E+1	10	dez	deka	da
1.0E 0	1	unidade	um	-
1.0E-1	0.1	décimo	deci	d
1.0E-2	0.01	centésimo	centi	c
1.0E-3	0.001	milésimo	milli	m
1.0E-6	0.000 001	milhonésimo	micro	μ
1.0E-9	0.000 000 001	bilhonésimo	nano	n
1.0E-12	0.000 000 000 001	trilhonésimo	pico	p
1.0E-15	0.000 000 000 000 001	quadrilhonésimo	femto	f
1.0E-18	0.000 000 000 000 000 001	quintilhonésimo	atto	a
1.0E-21	0.000 000 000 000 000 000 001	sextilhonésimo	zepto	z
1.0E-24	0.000 000 000 000 000 000 000 001	septilhonésimo	yocto	y

Figura 5 – Múltiplos, submúltiplos e prefixos do sistema internacional (SI)

## 1.12 Exercícios:

- 1) Calcule, em dB, a relação entre as potências:
- 2) 100mW e 10mW
- 3) 10pW e 1mW
- 4) 2fw e 10kW
- 5) A potência de saída transmitida pelo telefone celular é de +30dBm. No receptor o sinal recebido está com apenas 5pW. Qual é a atenuação  $A_{dB}$  do sinal entre o transmissor e receptor?
- 6) Num ponto A de um sistema foi determinada que a potencia do sinal é de 1mW, e a potencia do ruído de 1pW. Qual é a SNR em dB?
- 7) Determine qual a razão de potências  $P_1/P_0$  que equivale a -55dB, -10dB, 0dB, 1dB, 6dB, 10dB, 50dB, 56dB e 100dB.
- 8) Determine qual a razão de tensões  $V_1/V_0$  que equivale a -55dB, -10dB, 0dB, 1dB, 6dB, 10dB, 50dB, 56dB e 100dB.
- 9) Um sistema com 0,3mV na entrada, fornecer 3V na saída. Calcule o seu ganho em dB.
- 10) Aumentando-se em 6dB uma potência  $P = 10mW$ , quanto vale a nova potência obtida?
- 11) Dada uma potência  $P = 10mW$ , calcule os valores de potência que estão 5dB acima e 7dB abaixo.
- 12) Dada uma potência  $P = 7pW$ , calcule o valor da potência 62 dB acima.

**13)** Determine em dBm as potências

**14)** 3500pW

**15)** 250mW

**16)** 12fW

**17)** 6,12pW

**18)** 0,000000000023W

**19)** Determine -18dBm em potência absoluta (Watts).

**20)** Qual é o valor em dBm (e em mW)

**21)** do dobro de uma potência igual a 32dBm?

**22)** da metade de uma potência a 32dBm?

**23)** de uma potência 8 vezes maior que 32dBm?

**24)** de uma potência 8 vezes menor que 32dBm?

**25)** Qual é o resultado da soma de dois sinais descorrelacionados com potência de -40dBm e -45dBm?

**26)** Qual é o resultado da soma de dois sinais descorrelacionados com potência de -40dBm e 95dBm?

**27)** Qual o resultado da soma de duas potências iguais a 32 dBm?

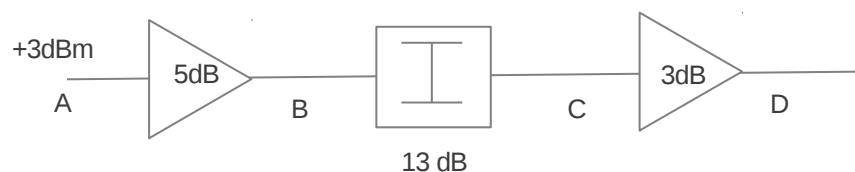
**28)** Qual a razão entre a potência 23dBm e a potência 10dBm?

**29)** Quantas vezes a potência de 10dBm é superior a -30 dBm?

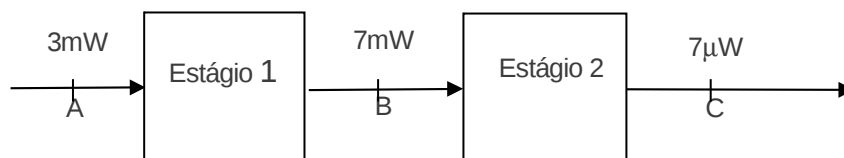
**30)** Um nível de -35dBu é medido num ponto de  $600\Omega$  de impedância. Qual é o nível em dBm?

**31)** Qual é o nível medido em dBu de ponto do sistema, cuja impedância é  $75\Omega$ , e potência de 5dBm?

- 32)** Um sinal de teste senoidal é medido em um ponto com impedância de  $600\Omega$  de um sistema. O valor medido com voltímetro é de  $130\text{mV}_{\text{RMS}}$ . Qual é o valor da tensão de pico, o valor pico a pico e os valores equivalentes em dBu, dBV, dBm? Qual é a potência equivalente em Watts?
- 33)** Quais seriam os valores se a impedância no ponto fosse  $60\Omega$  e o valor medido com voltímetro é de  $130\text{mV}_{\text{RMS}}$ ?
- 34)** Dado o sistema abaixo com os pontos de medição A, B, C e D:



- a) Determine as potências para cada ponto em dBm.
- b) Determine as potências para cada ponto em Watts.
- c) Considerando que a impedância nesses pontos é de  $600\Omega$ , determine a tensão produzida para cada ponto pela potência calculada em (b).
- d) Determine para cada ponto o nível em dBu.
- e) Considere o ponto C como sendo o ponto de referência. Qual seria o nível dBr de cada ponto.
- 35)** Dado o sistema abaixo e as potências nos pontos de medição A, B, e C:



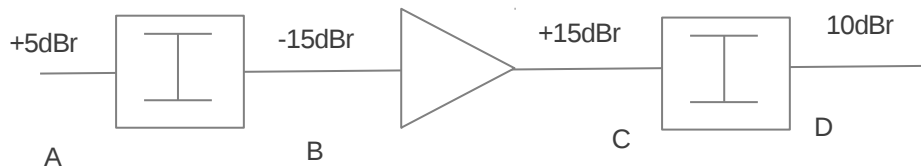
- a) Determine as potências em dBm de cada ponto.
- b) Determine o ganho (perda) em cada estágio em (dB) e em razão de



potências.

- c) Considerando que a impedância é de  $75\Omega$  em todos os pontos, qual seria o nível medido em dBu nestes pontos.

**36)** Dado o sistema abaixo:



- a) Aplicando-se um sinal de nível igual a 12dBm no ponto A, qual será o nível em dBm desse sinal nos pontos C, B e D?
- b) Qual é o nível em dBr no ponto de referência do sistema?
- c) Qual seria a potencia em dBm, nos pontos A, B, C e D, de um sinal de teste de -30dBm0?
- 37)** O ruído térmico gerado por um resistor depende dos fatores temperatura, resistência e largura de banda na qual a medida é feita. Sabe-se que a tensão RMS  $V_n$  produzida pelo ruído térmico é dada por:

$$V_n = \sqrt{4k_B T Df R}$$

onde  $k_B = 1,3806505 \cdot 10^{-23}$  J/K é a constante de Boltzmann,  $T$  é a temperatura em Kelvin  $T(K) = 273,15 + T(^{\circ}C)$ ,  $Df$  é a largura de banda de freqüência em Hz, e  $R$  é a resistência.

Determine o ruído térmico em V, dBu, dBm e dBrn de um resistor de  $600\Omega$  para:

- a) A temperatura de  $25^{\circ}C$  e a largura de banda é de 20kHz?
- b) A temperatura de  $85^{\circ}C$  e a largura de banda é de 20kHz?
- c) A temperatura de  $85^{\circ}C$  e a largura de banda é de 2MHz?
- d) A temperatura de  $-212^{\circ}C$  e a largura de banda é de 2MHz?

- e) A temperatura de 0°C e a largura de banda é de 1Hz?
- f) A temperatura de -273,15°C e a largura de banda é de 2MHz?
- 38)** Um amplificador tem uma entrada de 10mV e saída de 2V. Qual é o ganho de tensão em dB?
- 39)** O menor sinal que uma pessoa jovem consegue ouvir em condições de silêncio é um sinal de 0dB<sub>SPL</sub>. O nível mais alto que a mesma pessoa pode ouvir sem que tenha danos no seu sistema auditivo é de 110 dB<sub>SPL</sub>. Qual é o aumento de potência que deve ser dado ao Altofalante para que a potência passe do mínimo audível para o máximo suportável sem prejuízo para o ouvido?

dB <sub>SPL</sub>	Fonte (distância)
194	Limite teórico da intensidade de um uma onda sonora a pressão atmosférica de 1 atm.
180	<a href="#">Motor</a> de foguete a 30 m; Explosão do <a href="#">Krakatoa</a> a 160 km
150	<a href="#">Motor</a> a jata a 30 m
140	<a href="#">Disparo</a> de um rifle a 1 m
130	Limiar da dor do ouvido humano; apito de trem a 10 m
120	<a href="#">Concerto</a> de Rock; avião a jato na decolagem a 100 m
110	Motocicleta acelerando 5 m; Motosserra a 1 m
100	Dentro de uma discoteca
90	Fabrica barulhenta, caminhão pesado a 1 m
80	<a href="#">Aspirador</a> de pó a 1 m, calçada em um rua engarrafada
70	Trafego pesado a 5 m
60	Dentro de escritórios e restaurantes
50	Dentro de um <a href="#">restaurante</a> silencioso
40	Área Residencial a noite
30	Dentro de um teatro, com ninguém falando
10	Respiração de uma pessoa a 3 m
0	Limiar de audição do ser humano

**Figura 6 – Níveis sonoros de diversas fontes (FONTE: Wikipedia)**