

1.3.4 Operador Multiplicação de tensões

Usando-se propriedades de log e exp pode-se implementar circuitos que realizem a operação multiplicação de 2 ou mais tensões.

$$\begin{aligned}v_o &= v_x \cdot v_y \\ \ln(v_o) &= \ln(v_x \cdot v_y) = \ln(v_x) + \ln(v_y) \\ e^{\ln(v_o)} &= e^{\ln(v_x) + \ln(v_y)} = v_o\end{aligned}$$

Obs. 1: Usando-se amplificadores log e exp unipolares, a operação só pode ser realizada em um quadrante.

Obs. 2: A polaridade de entrada do exp deve ser observada considerando-se a polaridade de saída dos amplificadores log.

Exemplo 04) Analise as polaridades dos blocos logaritmo, inversor e exponencial da figura 26.

$$v_x < 0 \Rightarrow v_{x'} > 0$$

$$v_y < 0 \Rightarrow v_{y'} > 0$$

$$v_{o'} < 0 \Rightarrow v_o > 0$$

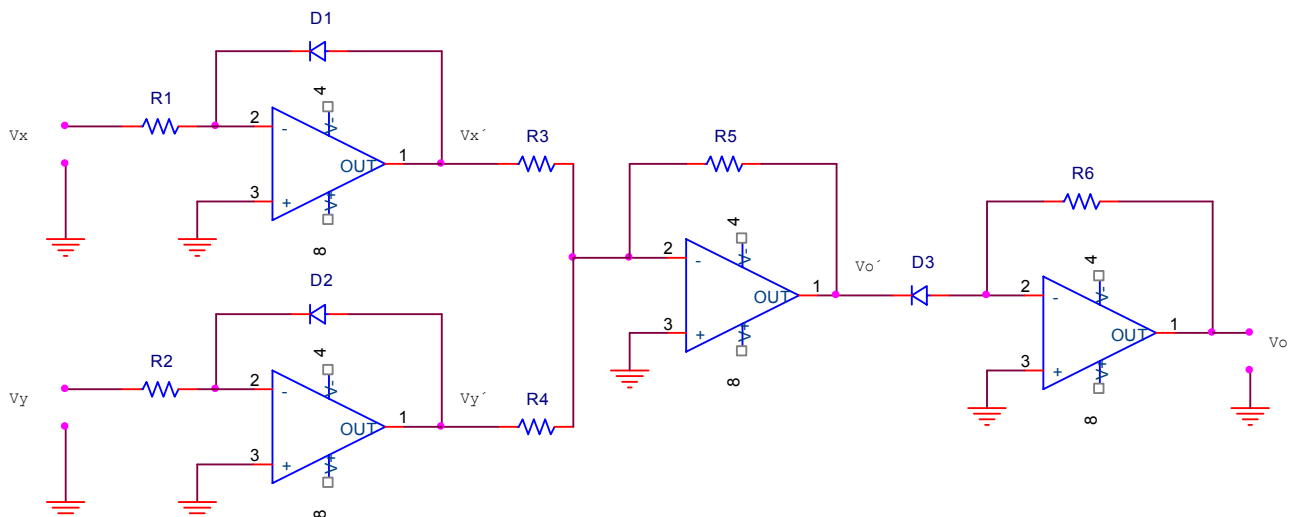


Figura 26: Figura para o exemplo 04

1.4.4 Operador Divisão

Realiza a operação de divisão entre duas tensões

$$v_o = v_x / v_y$$

$$\ln(v_o) = \ln\left(\frac{v_x}{v_y}\right) = \ln(v_x) - \ln(v_y)$$

$$e^{\ln(v_o)} = e^{[\ln(v_x) - \ln(v_y)]} = v_o$$

- Circuito: vide Exercício 05

1.4.5 Operador Radiciação

Extrai a raiz n de uma tensão de entrada v_x

$$v_o = \sqrt[n]{v_x} = v_x^{\frac{1}{n}}$$

$$\ln(v_o) = \ln\left(v_x^{\frac{1}{n}}\right) = \frac{1}{n} \ln(v_x)$$

$$e^{\ln(v_o)} = e^{\left[\frac{1}{n} \ln(v_x)\right]} = v_o$$

- Circuito: vide Exercício 06

1.5 Operadores multifunção

São circuitos integrados capazes de processar eletricamente a seguinte equação matemática: $v_o = K.v_y \left(\frac{v_z}{v_x} \right)^m$

Onde v_x, v_y e v_z são tensões de entrada, K é uma constante e m (expoente) pode ser ajustado através de resistores externos. São também chamados de “Unidade computacional analógica em tempo real”.

Simbologia:

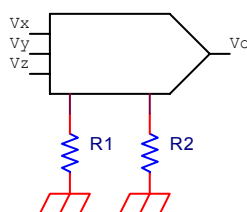


Figura 27: simbologia do circuito operador multifunção

Exemplos de CI's comerciais:

- LH094 (Nacional) [6];
- AD433 (Analog Devices) [7];
- AD538 (Analog Devices) [7].

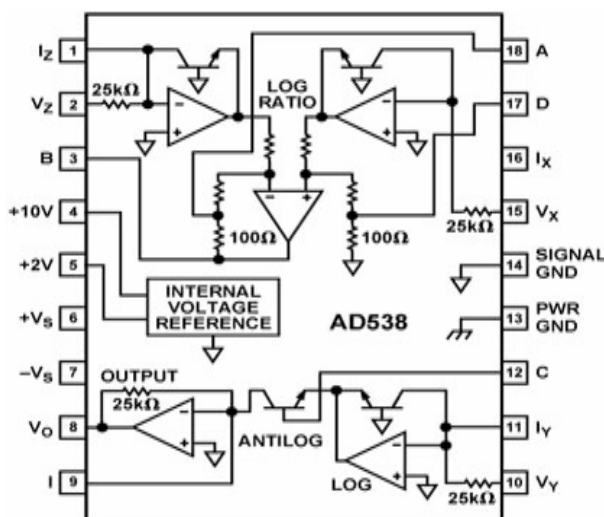


Figura 28: diagrama em blocos do circuito operador multifunção AD538

Exemplos de operações com circuitos multifunção:

➤ Raiz Quadrada

Considere $K=1$ e realize a operação de raiz quadrada.

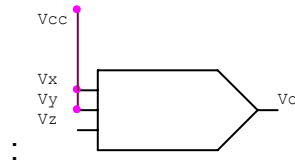


Figura 29: diagrama em blocos do circuito RAIZ QUADRADA

Solução:

$$v_o = K \cdot v_y \left(\frac{v_z}{v_x} \right)^m$$

Considerando $m=0,5$ temos:

$$v_o = 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{v_z}{1} \right)^{0,5}$$

$$v_o = \sqrt{v_z}$$

➤ Operador RMS

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt}$$

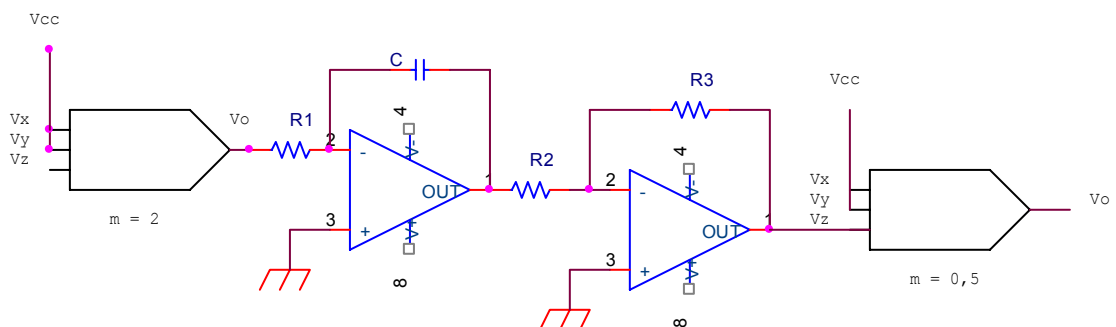


Figura 30: diagrama em blocos do circuito RMS.

➤ **Medida de potência:**

Temos que: $P = V.I$, $P = \frac{V^2}{R}$ ou $P = I^2.R$

Caso as tensões envolvidas sejam superiores às alimentações dos circuitos, deve-se realizar:

- Tensão: reduzir usando transformador ou divisor resistivo;
- Corrente: converter para uma tensão usando transformador de corrente (TC) ou resistor em série.
- Dimensionar R_1 e R_2 para que o circuito multiplicador não sature com V_{mPICO} .
- Dimensionar R_s para que o multiplicador não sature com V_{mPICO} .

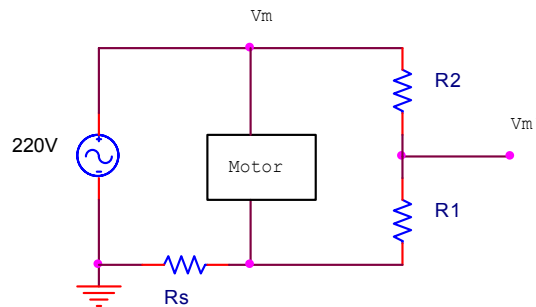


Figura 31: Circuito para medida de potencia.

$$v_m' = v_m \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad V_s = i_m R_s \quad i_m = \frac{V_s}{R_s}$$

$230V \cong 380V_p$ (cuidado!!!, considerar tensão de pico)

$$\text{Portanto temos: } P = V_m i_m = v_o \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \cdot \frac{1}{R_s}$$

➤ **Medidas em dB**

Potência: $P_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P(W)}{P_{ref}}$ para $P_{ref} = 1mW \Rightarrow dBm$

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P(W)}{10^{-3}}$$

Tensão: $P_{dB} = 20 \log_{10} \frac{v(V)}{P_{ref} R} = 10 \log_{10} \frac{v(V)^2}{P_{ref} R}$

Corrente: $P_{dB} = 20 \log_{10} \frac{i(A) R}{P_{ref}}$