

## Resolução da Folha de exercícios N.º 8

1. Resolvemos os circuitos deste problema usando a notação fasorial.

(a) Cálculo dos parâmetros ABCD

i. A figura 1 a) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $A_{11}$  que é definido de acordo com a fórmula seguinte:

$$A_{11} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_2=0}$$

A tensão  $V_2$  é dada por:

$$V_2 = G_m R_o V_\pi$$

Por outro lado a tensão  $V_\pi$  pode ser relacionada com  $V_1$  através de um divisor de tensão:

$$V_\pi = \frac{R_\pi \parallel \frac{1}{j\omega C_\pi}}{\left(R_\pi \parallel \frac{1}{j\omega C_\pi}\right) + R_x} V_1$$

ou seja

$$V_1 = \frac{R_x + R_\pi + j\omega C_\pi R_x R_\pi}{R_\pi} V_\pi \quad (1)$$

Agora o parâmetro  $A_{11}$  pode ser expresso da seguinte forma:

$$A_{11} = \frac{R_x + R_\pi + j\omega C_\pi R_x R_\pi}{R_\pi G_m R_o}$$

ii. A figura 1 b) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $A_{12}$  dado por:

$$A_{11} = \left. \frac{V_1}{-I_2} \right|_{I_2=0}$$

A corrente  $-I_2$  é dada por:

$$-I_2 = G_m V_\pi \quad (2)$$

A tensão  $V_1$  é dada pela eq. 1. O parâmetro  $A_{12}$  pode ser expresso da seguinte forma:

$$A_{12} = \frac{R_x + R_\pi + j\omega C_\pi R_x R_\pi}{R_\pi G_m}$$

iii. A figura 1 c) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $A_{21}$  que é definido de acordo com a fórmula seguinte:

$$A_{21} = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{I_2=0}$$

A tensão  $V_2$  é dada por:

$$V_2 = G_m R_o V_\pi$$

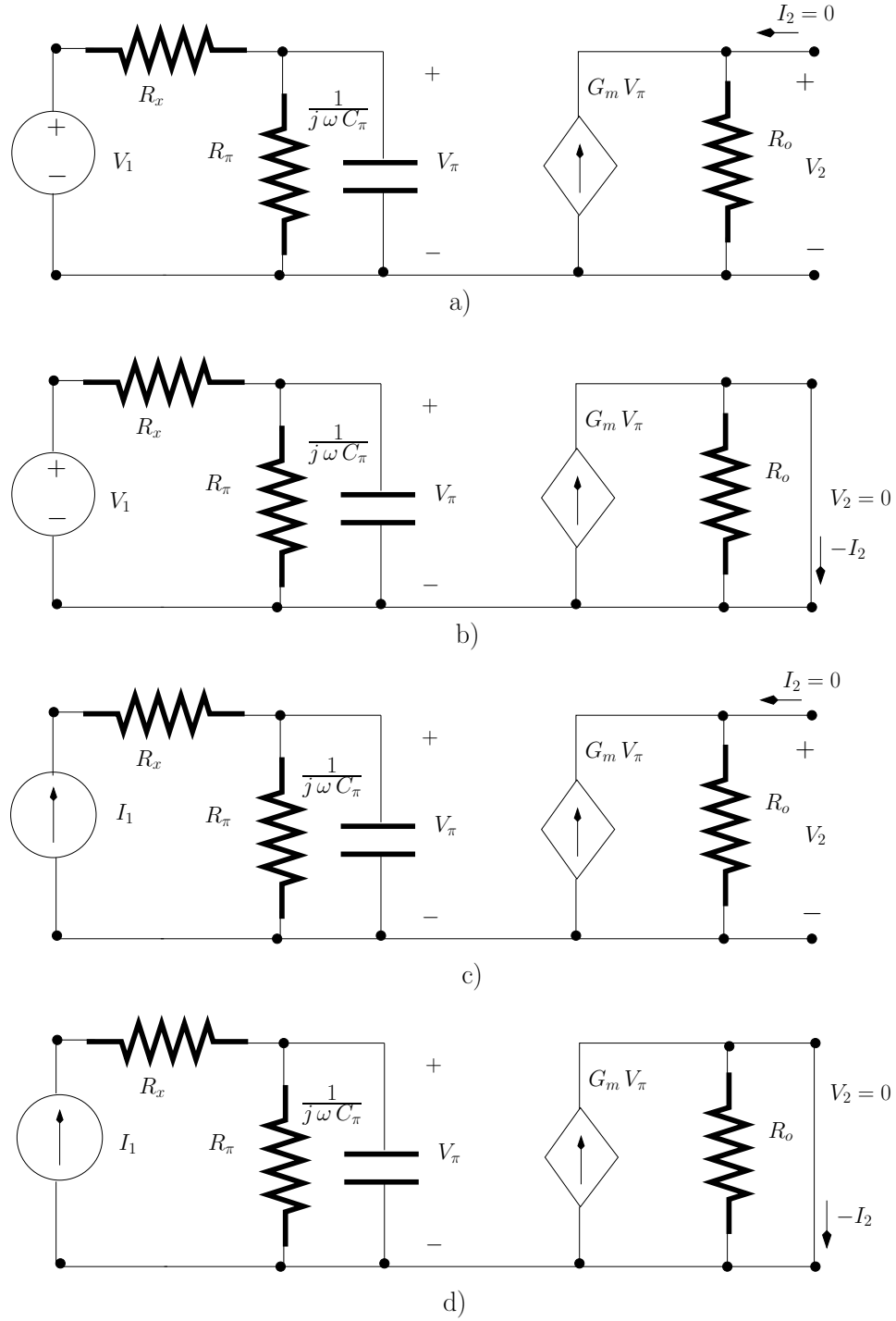


Figura 1: a) Circuito equivalente para o cálculo de: a)  $A_{11}$ ; b)  $A_{12}$ ; c)  $A_{21}$ ; d)  $A_{22}$ .

A corrente  $I_1$  pode ser relacionada com  $V_\pi$  da seguinte forma:

$$I_1 = \frac{1 + j \omega C_\pi R_\pi}{R_\pi} V_\pi \quad (3)$$

$A_{21}$  pode ser calculado da seguinte forma:

$$A_{21} = \frac{1 + j \omega C_\pi R_\pi}{G_m R_o R_\pi}$$

iv. A figura 1 d) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $A_{22}$ :

$$A_{22} = \left. \frac{I_1}{-I_2} \right|_{V_2=0}$$

Usando as equações 2 e 3 temos que:

$$A_{22} = \frac{1 + j \omega C_\pi R_\pi}{G_m R_\pi}$$

(b) O ganho de tensão,  $A_V(\omega)$ , pode ser obtido calculando  $1/A_{11}$  ou seja:

$$\begin{aligned} A_V(\omega) &= \frac{R_\pi G_m R_o}{R_x + R_\pi + j \omega C_\pi R_x R_\pi} \\ &= G_m R_o \frac{R_\pi}{R_x + R_\pi} \times \frac{1}{1 + j \omega C_\pi \frac{R_x R_\pi}{R_x + R_\pi}} \end{aligned}$$

o ganho a baixas frequências ( $\omega \rightarrow 0$ ) é dado por:

$$\begin{aligned} A_V(\omega \rightarrow 0) &= G_m R_o \frac{R_\pi}{R_x + R_\pi} \\ &= 492.6 \end{aligned}$$

(c) A frequência de corte  $\omega_c$  pode ser calculada através da seguinte equação:

$$|A_V(\omega_c)| = \frac{1}{\sqrt{2}} G_m R_o \frac{R_\pi}{R_x + R_\pi}$$

Resolvendo temos:

$$\begin{aligned} \omega_c &= \frac{1}{C_\pi \frac{R_x R_\pi}{R_x + R_\pi}} \\ &= 338.3 \text{ krad/s} \end{aligned}$$

(d) A figura 2 a) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $Z_{11}$  (impedância de entrada):

$$\begin{aligned} Z_{11} &= \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} \\ &= R_x + \frac{R_\pi}{1 + j \omega C_\pi R_\pi} \end{aligned}$$

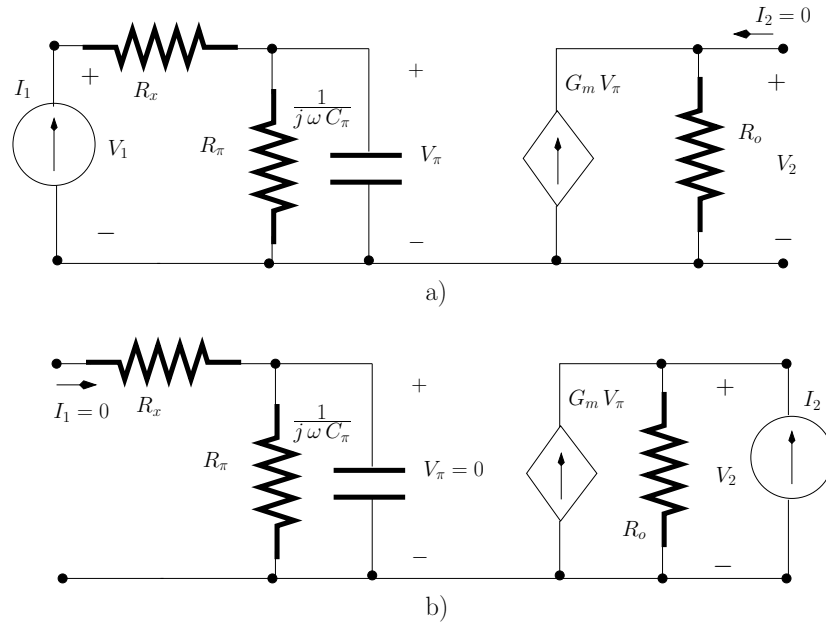


Figura 2: a) Circuito equivalente para o cálculo de: a)  $Z_{11}$ ; b)  $Z_{22}$ .

A figura 2 b) mostra o circuito equivalente para o cálculo de  $Z_{22}$  (impedância de saída):

$$\begin{aligned} Z_{22} &= \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} \\ &= R_o \end{aligned}$$

Note que  $V_\pi = 0$  e, portanto, a fonte de corrente controlada por esta tensão comporta-se como um circuito aberto.