

## Medidores de Impedância Complexa

São medidores que fornecem, além do módulo da impedância, a sua fase em relação a um sinal de excitação. São baseados nas medidas de tensão e corrente e suas respectivas fases para uma dada frequência. Determina-se, através da diferença de fase entre V e I, se a impedância é capacitiva ou indutiva. Normalmente são efetuadas várias leituras em frequências diferentes para que se determine a impedância com maior exatidão.

Diagrama em blocos do circuito:

$$|Z| = \frac{V_m}{I_m} \quad \text{Se} \begin{cases} \phi_V > \phi_I \Rightarrow \text{reatância INDUTIVA}; \\ \phi_I > \phi_V \Rightarrow \text{reatância CAPACITIVA}; \\ \phi = \pm 90^\circ \Rightarrow \text{impedância puramente reativa.} \end{cases}$$

A fonte de excitação (oscilador senoidal) pode operar no modo de tensão ou corrente, com amplitude e frequência conhecidos. No modo "tensão", o valor de R define a escala de impedância do medidor. No modo "corrente", se  $I_m = 1$ ,  $V_m = |Z|$ . O detetor de fase fornece uma tensão que é proporcional à diferença de fase entre tensão e corrente.

**Frequencímetro:** instrumento usado para medir frequência ou período de um sinal alternado independente de sua amplitude ou forma de onda.

**a) Conversor frequência–tensão (F-V):** Fornece uma tensão DC de saída que é proporcional à frequência do sinal de entrada. É baseado em um multivibrador monoestável que é disparado pela transição do sinal de entrada. Um filtro passa-baixas é usado na saída do monoestável de modo a obter-se seu valor médio.

Circuito típico:

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{T} \cdot V_p \cdot T_M$$

$$\text{Mas } \frac{1}{T} = f_i,$$

$$\text{então } V_m = V_p \cdot T_M \cdot f_i$$

Schmitt-trigger: amplificador com realimentação positiva usado para amplificar e “quadrar” o sinal de entrada.

Monoestável: fornece um pulso retangular de amplitude e largura constantes ( $V_p$ ,  $T_M$ ) à cada transição + (ou -) do sinal de entrada.

$$T_M = K_M \cdot R_1 \cdot C_1$$

$K_M$ : constante do monoestável;

$T_M$  é fixo  $\Rightarrow V_m$  aumenta, indicando o aumento na frequência.

Limite para o funcionamento correto do circuito:

$$T = T_M \therefore f_i = \frac{1}{T_M} \text{ (até que os pulsos de } v_o \text{ se}$$

sobreponham).

**b) Freqüencímetro digital:** Baseado em um contador digital de  $n$  bits acionado pela transição do sinal de entrada. A contagem é acumulada durante um determinado período fixo  $T_c$  e a saída do contador fornece diretamente um valor digital proporcional à freqüência de entrada  $f_i$ .

Circuito típico:

$T_c$ : obtido a partir de um oscilador estável (cristal de quartzo) e um divisor de freqüência digital (contador binário). Para  $T_c = 1s$ , a saída do contador fornece diretamente a freqüência em Hz.

Obs.: para baixas freqüências (tipicamente  $< 10Hz$ ) torna-se mais interessante a medida do período do sinal de entrada a partir de uma base de tempo com freqüência bem superior. Isto possibilita uma medida mais rápida e uma maior resolução de contagem. A saída digital é, neste caso, proporcional ao período do sinal de entrada.

Circuito típico: