

Texto Teórico 01: ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

1- INTRODUÇÃO

No momento da seleção de um componente eletrônico é necessário definir certas características, sem o que o componente poderá vir a ser inadequado à aplicação que se tem em vista. A seguir serão apresentadas as características mais importantes a se observar, geralmente fornecidas pelos fabricantes, seja em catálogos ou impressas sobre o próprio corpo do componente.

Deve-se também ter em mente que nem todas as especificações são igualmente aplicáveis a todos os componentes estudados neste curso. As diferenças serão citadas à medida que os mesmos forem sendo apresentados individualmente.

2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

2.1 - Valor Nominal

Boa parte dos componentes possui uma característica principal que define sua função, e cujo valor é de suma importância, por exemplo: a resistência elétrica de um resistor, a capacitância de um capacitor, o ganho de um transistor etc.. Denomina-se **valor nominal** o valor especificado pelo fabricante, ou seja, o valor esperado para aquele componente em particular.

As indústrias de componentes, contudo, não fabricam componentes com todos os valores nominais possíveis. Ao invés disso, fabricam apenas alguns valores pré-determinados, com os quais cobrem toda a faixa de valores possíveis. Sendo assim, quando se projeta um circuito, deve-se selecionar os valores comerciais mais adequados com relação aos valores teóricos calculados. Ao conjunto de valores pré-determinados fabricados denomina-se **série**

2.2 - Tolerância

Todo processo de fabricação de qualquer produto sempre apresenta imperfeições que levam a desvios com relação a especificações iniciais. No caso dos componentes eletrônicos, nem sempre o valor nominal desejado é obtido com exatidão. Geralmente o fabricante consegue construir um componente apenas próximo do especificado. Sendo assim, o fabricante, além de indicar o valor nominal, informa também a **tolerância** de fabricação. A tolerância indica a incerteza contida no valor, ou o limite de erro máximo que o fabricante cometeu. Em outras palavras, **indica os limites da faixa onde se situa o valor real do componente**. É, normalmente, expressa em porcentagem. Esta faixa pode ser calculada através das Eq. 1 e Eq. 2, abaixo.

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + T_{ol\%}/100) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (1)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - T_{ol\%}/100) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (2)$$

Se expressa em partes por milhão (ppm), as equações modificam-se um pouco (Eq. 3 e Eq. 4).

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + T_{ol\text{ppm}}/10^6) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (3)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - T_{ol\text{ppm}}/10^6) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (4)$$

Exemplo:

Ex. 1.1 - Quando se adquire um resistor de $4,7k\Omega$, cuja tolerância seja de $\pm 10\%$, é possível que sua resistência real seja qualquer valor dentro da faixa calculada abaixo:

$$R_{\text{MÁX}} = R_{\text{NOM}} * (1 + \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 4.700 * (1 + \frac{10}{100}) = 4.700 * 1,10 = \mathbf{5,2k\Omega}$$
$$R_{\text{MÍN}} = R_{\text{NOM}} * (1 - \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 4.700 * (1 - \frac{10}{100}) = 4.700 * 0,90 = \mathbf{4,2k\Omega}$$

É fácil concluir que quanto menor a tolerância de um determinado componente, melhor será sua qualidade.

Comercialmente existem tolerâncias desde $\pm 0,01\%$ até $\pm 50\%$. Além disso, há componentes que possuem uma faixa de variação assimétrica, como, por exemplo, alguns tipos de capacitores, cuja tolerância pode ser de -20 e $+50\%$, ou -0 e $+100\%$ etc.. A tolerância do componente está diretamente relacionada à série na qual é fabricado. Por exemplo: um componente cuja tolerância de fabricação seja **10%** normalmente possuirá valores distribuídos segundo a série **E12**.

A tolerância é um fator muito importante num componente, uma vez que todo sistema eletrônico possuirá, inevitavelmente, uma tolerância (incerteza) maior que a tolerância do pior componente utilizado.

2.3 - Potência Máxima Dissipável

Todo dispositivo eletrônico submetido a uma certa tensão elétrica e, simultaneamente, percorrido por uma corrente elétrica consumirá uma determinada quantidade de energia. A taxa com relação ao tempo na qual a energia é consumida é a potência elétrica, e pode ser calculada através da Eq. 5.

$$P = V \cdot I \quad [\text{Watt}] \quad (5)$$

Esta energia consumida surge na forma de calor, aquecendo o componente. Portanto, caso esta energia acumulada (calor) sobre o componente não seja retirada (dissipada) na mesma taxa em que o componente a acumula, a temperatura do componente aumentará indefinidamente, danificando-o por excesso de temperatura, ou seja, o componente é fundido. A capacidade de dissipação de energia do componente denomina-se potência máxima dissipável. Este parâmetro é fornecido pelo fabricante, e seu valor deverá ser sempre superior à potência consumida pelo dispositivo no circuito.

Em outras palavras, a potência máxima dissipável de um componente é a máxima potência que o mesmo pode suportar (vide Eq. 5).

2.4 - Tensão Máxima de Operação

Todo componente eletrônico apresenta partes eletricamente condutoras e partes isolantes (dielétrico). Estas últimas, logicamente, devem impedir a passagem da corrente elétrica. Contudo, todo material possui um coeficiente de ruptura, que indica qual é o maior gradiente de tensão elétrica que este suporta. Este gradiente jamais deve ser atingido, pois, neste caso, ocorre uma descarga elétrica que perfura o dielétrico, carbonizando-o e, conseqüentemente, inutilizando o componente.

Sendo assim, todo componente possuirá uma especificação da tensão máxima que pode ser aplicada a seus terminais sem que seja danificado.

2.5 - Corrente Máxima de Operação

Todo componente eletrônico, quando percorrido por uma corrente elétrica, provoca um certo consumo de energia devido à sua resistência elétrica implícita. Este fenômeno, denominado efeito Joule, é descrito pela Eq. 6, e está relacionado à capacidade de dissipação de energia do componente.

$$P = R \cdot I^2 \quad [\text{Watt}] \quad (6)$$

Contudo, alguns componentes mais complexos, como diodos e transistores, por exemplo, possuem interconexões internas passíveis de sofrerem danos (rompimento) devido ao excesso de corrente. Nestes casos, o risco de dano ao componente não está relacionado à sua potência máxima dissipável. Sendo assim, seus fabricantes indicam, diretamente, qual é a máxima corrente que suportam, independentemente da potência que possam estar consumindo.

Logo, todo componente possuirá uma especificação da corrente máxima que pode conduzir sem que seja danificado.

2.6 - Faixa de Frequência de Operação

Todo componente eletrônico apresenta um determinado comportamento conforme a frequência da tensão e da corrente às quais é submetido. Por exemplo, um dispositivo pode oferecer grande resistência à passagem de corrente elétrica de alta frequência, enquanto comporta-se como um curto para correntes de baixa frequência. Além disso, a própria natureza do comportamento do componente pode se alterar, ou seja, numa certa frequência o componente comporta-se como uma resistência pura, e em outra como uma capacitância, por exemplo. Você pode pensar num alto-falante que acima de determinada frequência não reproduz qualquer som.

Logo é necessário especificar a faixa de frequência na qual o componente se comporta conforme o esperado.

2.7 - Temperatura de Operação

Na natureza, as características físico-químicas dos materiais variam segundo a temperatura à qual estão submetidos. Os componentes eletrônicos se comportam da mesma forma, ou seja, alteram seu comportamento conforme sua temperatura. Desta forma, os fabricantes devem especificar a faixa de temperaturas na qual o componente responde conforme o esperado, e sem o risco de ser danificado.

Para alguns componentes, principalmente os circuitos integrados, foram estabelecidos três faixas de operação padrão de acordo com sua aplicação, apresentadas na Tabela 2

Tabela 2 - Faixas de temperatura padrão para circuitos integrados.

Denominação	Faixa de Temperatura
Comercial	0 a +70°C
Industrial	-25°C a +85°C
Militar	-55°C a +125°C

2.8 - Temperatura de Armazenamento

Alguns componentes devem ser estocados em locais cuja temperatura não ultrapasse determinados limites, sob pena de terem suas características físico-químicas irreversivelmente alteradas. Felizmente, geralmente os limites da faixa de temperatura de armazenamento são bem mais amplos que os da faixa de temperatura de operação.

2.9 - Coeficiente de Temperatura

O coeficiente de temperatura de um componente eletrônico indica o comportamento de seu valor nominal conforme a variação da temperatura do componente. Pode ser expressa em:

- partes por milhão de variação por grau Celsius - [ppm / °C]; ou
- percentual de variação por grau Celsius - [% / °C].

Um valor de coeficiente positivo indica que o valor nominal do componente aumenta com o aumento da temperatura, e vice-versa. Este comportamento pode ser comprovado analisando-se as fórmulas de cálculo da variação do valor nominal (ΔV_{NOM}) com variação da temperatura (ΔT), abaixo (Eq. 7 e Eq. 8).

$$\Delta V_{NOM} = V_{NOM} * CT_{ppm} * \Delta T / 10^6 \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (7)$$

ou

$$\Delta V_{NOM} = V_{NOM} * CT_{\%} * \Delta T / 100 \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (8)$$

onde

$\Delta T \Rightarrow$ variação de temperatura ocorrida, ou seja:

$$\Delta T = T_{final} - T_{inicial} \quad [^{\circ}C] \quad (9);$$

$\Delta V_{NOM} \Rightarrow$ variação do valor nominal ocorrida;

$V_{NOM} \Rightarrow$ valor nominal;

$CT_{ppm} \Rightarrow$ coeficiente de temperatura em partes por milhão;

$CT_{\%} \Rightarrow$ coeficiente de temperatura em percentual.

Exemplo:

Ex. 1.2 - A 60°C, qual é a capacitância de um capacitor cujo valor nominal seja 220 μ F, e cujo coeficiente de temperatura seja 150ppm / °C?

A resposta vem da aplicação da Eq. 6.7, acima. Antes, contudo, deve-se calcular a variação de temperatura ocorrida, através da Eq. 9.

$$\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$$

Mas quais são as temperaturas inicial e final? A temperatura final é aquela na qual se deseja calcular o valor final da capacitância, e a temperatura inicial é aquela na qual se conhece a capacitância. Contudo, o problema informou apenas a temperatura final, então como resolvê-lo? É simples. Basta lembrar que os valores nominais dos componentes eletrônicos são dados para a temperatura de 25°C. Logo:

$$T_{inicial} = 25^{\circ}C$$

$$T_{final} = 60^{\circ}C$$

Então,

$$\Delta T = 60 - 25 = 35^{\circ}C$$

e

$$\Delta C_{NOM} = C_{NOM} * CT_{ppm} * \Delta T / 10^6$$

$$\Delta C_{NOM} = (220 * 10^{-6}) * 150 * 35 / 10^6$$

$$\Delta C_{NOM} = 1,155 * 10^{-6}F = \underline{1,155\mu F}$$

Esta é a variação ocorrida na capacitância, logo, para se obter o valor final basta somar a variação ocorrida ao valor inicial da capacitância, conforme a Eq. 10, abaixo.

$$V_{FINAL} = V_{INICIAL} + \Delta V_{NOM} \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (10);$$

logo,

$$C_{FINAL} = C_{INICIAL} + \Delta C_{NOM}$$

$$C_{FINAL} = 220 * 10^{-6} + 1,155 * 10^{-6}$$

$$C_{FINAL} = 221,155 * 10^{-6} = \underline{221,2\mu F}$$

2.10 - Encapsulamento e Dimensões

Apesar de aparentemente irrelevante, o encapsulamento (invólucro) e as dimensões dos componentes eletrônicos são extremamente importantes. O encapsulamento, além de dar sustentação mecânica ao componente, determina sua capacidade de dissipação de potência e faixa de temperatura de operação, pode funcionar como blindagem contra ruídos elétricos, e ditar a forma de fixação mecânica e/ou conexão elétrica ao circuito.

As dimensões, também determinadas pelo encapsulamento, devem ser observadas com muita atenção no momento da confecção de uma placa de circuito impresso e do projeto da caixaria do equipamento.

3 - EXERCÍCIOS

- 1) Qual é o significado do valor especificado pelo fabricante de um componente eletrônico? Pode-se confiar totalmente neste valor?
- 2) Suponha que você necessite um resistor igual a $1,636\text{k}\Omega$ para um determinado circuito. Indique qual valor comercial você utilizaria caso dispusesse apenas de resistores da série E3. E se fosse possível utilizar um resistor da série E96? Comente as diferenças que você obteria em seus resultados práticos com seu suposto circuito.
- 3) Suponha que você necessite de um resistor de $1,636\text{k}\Omega$ para limitar uma corrente a $5,5\text{mA}$, valor este que jamais devesse ser ultrapassado. Indique qual valor comercial você utilizaria caso dispusesse apenas de resistores da série E3. E se fosse possível utilizar um resistor da série E96? Comente as diferenças que você obteria em seus resultados práticos com relação ao valor da corrente limite.
- 4) Qual é o significado da tolerância do valor nominal de um componente eletrônico? Por quê a tolerância não é nula?
- 5) Quais serão os valores máximo e mínimo possíveis para um resistor de $120\text{k}\Omega$ de resistência nominal, cuja tolerância seja 5%?
- 6) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma potência maior que aquela que ele é capaz de dissipar?
- 7) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma corrente maior que aquela que ele é capaz de suportar?
- 8) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma tensão maior que aquela que ele é capaz de suportar?
- 9) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma frequência fora da faixa para a qual ele foi projetado?
- 10) Qual é a diferença entre as temperaturas de operação e de armazenamento de um componente eletrônico?
- 11) Qual é a tensão de uma fonte regulada cuja tensão nominal é $15,0\text{V}$, se seu coeficiente de temperatura for de $0,02\% / ^\circ\text{C}$ e a temperatura ambiente estiver em 60°C ?
- 12) Qual é a indutância de uma bobina cuja indutância nominal é 33mH , se seu coeficiente de temperatura for de $300\text{ppm} / ^\circ\text{C}$ e a temperatura ambiente estiver em 85°C ?
- 13) Um resistor possui $56,56\text{k}\Omega$ à temperatura de -15°C . Qual sua resistência a $+45^\circ\text{C}$, se seu coeficiente de temperatura for de $-250\text{ppm} / ^\circ\text{C}$?
- 14) Um resistor foi medido quando à temperatura de -10°C , obtendo-se $82,41\Omega$. Posteriormente foi aquecido até $+60^\circ\text{C}$ e novamente medido, obtendo-se $81,59\Omega$. Qual é o coeficiente de temperatura do resistor?
- 15) As dimensões e o tipo de encapsulamento dos componentes são realmente importantes? Por quê?