

Entendendo toróides

Identificação

Toróides são aqueles núcleos para bobinas em forma de “pneuzinhos”. Estes núcleos estão divididos em dois grupos, conforme o material em que são fabricados :

- **núcleos de pó de ferro**, fabricados com **ferro carbonyl** (ou **ferrocarbonilo**) e com **ferro reduzido por hidrogênio**, e designados pelo prefixo “**T**” ; os núcleos de **ferro carbonyl** tem alta estabilidade de temperatura, permeabilidade relativa (μr) de 1 a 35, alto “**Q**” até 200 MHz, e são usados em circuitos de alta potência e circuitos osciladores de RF (**são estes os mais utilizados em montagens para radioamadores**) ; já os núcleos de **ferro reduzido por hidrogênio** tem baixo “**Q**”, com permeabilidade relativa (μr) acima de 90 e são utilizados em circuitos de filtros de RFI.

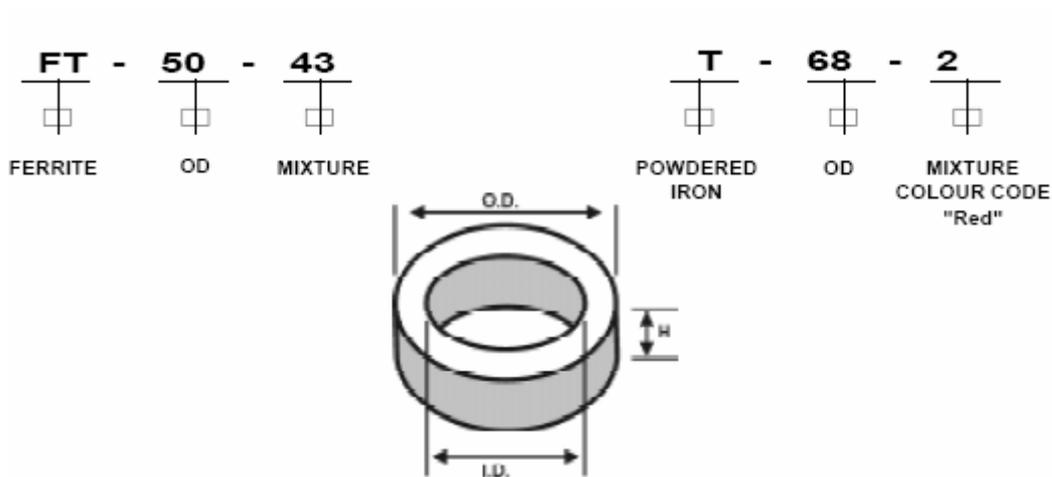
- **núcleos de ferrite**, fabricados com ferrites de **níquel-zinco** e **magnésio-zinco**, e designados pelo prefixo “**FT**” ; os núcleos de **ferrite de níquel-zinco** tem alto volume de resistividade, alto “**Q**” de 500 kHz a 100 MHz, moderada estabilidade de temperatura e vão de 125 a 850 na escala de permeabilidade relativa (μr) (**é o caso do famoso FT-XX-43**) ; já os núcleos de **ferrite de magnésio-zinco** tem uma permeabilidade relativa (μr) muito alta, de 850 a 5000, alto “**Q**” de 1 kHz a 1 MHz, baixo volume de resistividade e moderada saturação, sendo muito utilizados em fontes de alimentação e filtros de RFI (é o caso dos ferrites utilizados em antenas internas de rádios AM).

A escolha entre os dois fica fácil, considerando que:

- Os núcleos de **pó de ferro** não saturam facilmente
- Os materiais **ferrite** saturam mais facilmente e têm uma permeabilidade mais elevada que as pós de ferro. Com efeito, fatores de aproximadamente 5000 são possíveis enquanto que as **pós de ferro** atingem penosamente o valor 100 para μ .

Mas quanto mais alta é a permeabilidade do material, menos este é estável em temperatura. E isto é muito importante no caso específico em que cada material for ser utilizado. Consequentemente escolhemos toróides de **pó de ferro** para circuitos de RF para os quais desejamos uma maior estabilidade. Por outro lado, o fator de qualidade “**Q**” é melhor.

Os núcleos toroidais são identificados por **códigos** e **cores**, sendo que os de pó de ferro são identificados pela letra inicial “**T**” e os de ferrite pela letra inicial “**FT**”, da seguinte forma :



T yy – xx (exemplo: **T50-6**)

Onde :

T = define que é um núcleo de **pó de ferro** (caso fosse de ferrite, seria **FT**)

50 = diâmetro externo do toróide (meia polegada, ou seja, 12,7 mm)

6 = material (ou mistura), que indica a permeabilidade do núcleo (6, amarelo)

Ao final deste artigo, descreveremos os principais materiais utilizados nos núcleos toroidais e quais são suas características.

Algumas vantagens dos toróides :

1. Alta indutância do espaço físico ocupado.
2. Nenhuma interação ou acoplamento com componentes adjacentes (ao contrário de enrolamentos com núcleo de ar e outros indutores).
3. Varias permeabilidades são possíveis.
4. Valores excepcionais de “Q” quando enrolados corretamente com núcleos selecionados.
5. Grande escala de diâmetros e espessuras.
6. Custo relativamente baixo.
7. Simples para montar e afixar mecanicamente.

Algumas desvantagens dos toróides :

1. Quase impossível fazer um ajuste “variável” de indutância.
2. São sujeitos a alguma variação térmica.
3. Dificuldade de serem encontrados no Brasil.

Permeabilidade

Permeabilidade é o grau de magnetização de um material em resposta a um campo magnético. A permeabilidade absoluta é representada pela letra grega μ (pronuncia-se “mi”).

$$\mu = B / H$$

onde B é a densidade do fluxo magnético (também conhecida como indução magnética) no material e H é a força do campo magnético.

No sistema internacional de unidades, a densidade do fluxo magnético é medida em teslas (T), a força do campo magnético em ampéres por metro (A/m) e a permeabilidade em henrys por metro (H/m), ou newton por ampére ao quadrado (N/A²).

A permeabilidade relativa, por vezes escrita com o símbolo μ_r e frequentemente apenas com μ , é a razão entre a permeabilidade absoluta e a permeabilidade do espaço livre (vácuo) μ_0 :

$$\mu_r = \mu / \mu_0$$

$$\text{onde } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$$

Os materiais e suas permeabilidades

Os materiais magnéticos são caracterizados pela sua **permeabilidade**. A relação entre a indutância magnética B é expressa em *Gauss* e a força de magnetização H , expressa em *Oersteds*, é linear (mas não é necessário exceder certos limites) e faz intervir na permeabilidade μ :

$$B = \mu H$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

A permeabilidade indica a qualidade a favorecer as linhas de força magnética de um material em relação ao ar. O ar tem, por conseguinte uma permeabilidade de 1.

Os materiais utilizados têm a particularidade de saturar em certo nível. Isto significa que a um dado momento, **B** não crescerá mais com **H** e permanecerá então a um valor limite B_s .

Entre os materiais, podemos escolher entre núcleos de **pó de ferro** (ou **carbonyl**) ou de núcleos de **ferrite**.

Calculo do número de espiras para determinar o A_L

Para determinarmos o número de espiras em toróides de **ferrites** (FT yy – xx), podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$A_L = (1.000.000 \times L(\mu H)) / N^2$$

A_L é igual a 1.000.000 vezes a indutância em micro Henrys dividido pelo número de espiras ao quadrado.

Ou esta outra:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{L_{(\mu H)}}{A_L}}$$

Para determinarmos o número de espiras em toróides de **pó de ferro** ou **ferro carbonyl** (T yy-xx), podemos utilizar a seguinte fórmula:

$$A_L = (10.000 \times L(\mu H)) / N^2$$

A_L é igual a 10.000 vezes a indutância em micro Henrys dividido pelo número de espiras ao quadrado.

Ou também esta:

$$N = 100 \sqrt{\frac{L_{(\mu H)}}{A_{L(\mu H / 100 \text{ tours})}}}$$

Onde **N** é o número de espiras, **L** a indutância desejada, e A_L um dado fabricante (uH por 100 espiras). Atenção, este dado depende das dimensões do toróide. Quando o A_L não é conhecido, é necessário determiná-lo experimentalmente. Para isso, basta enrolar diversas voltas e medir a indutância **L** obtida. Aplica-se seguidamente a relação deduzida do precedente:

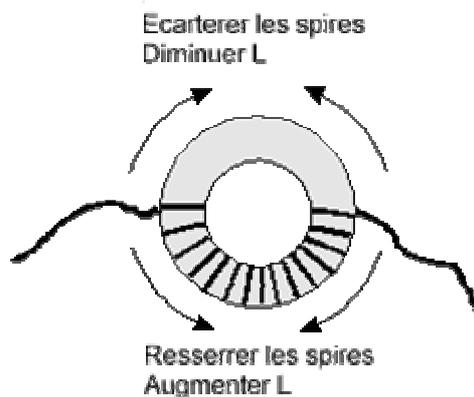
$$A_L = \frac{L}{N^2}$$

Para uma melhor praticidade, devemos expressar L e A_L em micro Henrys, deixando de lado a utilização de unidades “exóticas” (Tesla, Newton por ampéres ao quadrado, etc.).

Vale a pena lembrar que o A_L vai depender da maneira de enrolar o toróide (espaçamento entre espiras), podendo existir valores diferentes para um mesmo número de espiras, dependendo da forma como essas tiverem sido enroladas. Mas podemos transformar este inconveniente numa vantagem: dessa forma é possível ajustar a indutância pretendida sem ter que alterar o número de espiras (distanciando as espiras, diminuimos a indutância ; apertando as espiras, aumentamos a indutância).

Para “imobilizar” a bobina após conseguirmos a indutância desejada, utilizamos parafina.

Distanciar as espiras : diminui L



Apertar as espiras : aumenta L

figura 1: pode-se ajustar a indutância alterando o espaçamento das espiras

Métodos para determinar o A_L de um toróide

Identificando o A_L de um toróide com um LC Meter

A forma mais simples e prática para determinar o A_L de um toróide é enrolar algumas espiras de fio no núcleo (por exemplo, 10 voltas) e medimos a indutância com um **LC meter**. Podemos repetir a operação com mais espiras (20, e depois 30) e verificarmos nas tabelas dos fabricantes qual é o núcleo compatível.

O Miguel, PY2OHH dá uma dica interessante para testar núcleos toroidais na frequência que pretendemos utiliza-los: ele faz um transformador com o mesmo número de espiras na entrada e na saída e o testa, colocando-o na entrada de um receptor (antena na entrada, receptor na saída) na frequência desejada e verificando a perda no S meter.

Já para testar potência, ele enrola um transformador com o toróide (com um fio adequado à potencia / impedância desejada) e o instala entre a saída do transmissor e uma carga fictícia, verificando se há perdas ou aquecimento.

Identificando o A_L de um toróide com um grid dip meter

Para descobrirmos o valor desconhecido de um indutor com um *grid-dip meter* soldamos as extremidades do indutor à um capacitor de precisão com valor conhecido, obtendo assim um circuito ressonante LC. É necessário acrescentar um secundário com uma bobina de acoplamento. O *grid-dip meter* deve ser mantido o mais afastado possível, para não sofrer influencias. Basta ler a frequência do *grid dip meter*, ou verificar com exatidão com um frequencímetro ou um receptor digital.

O secundário é obtido enrolando algumas espiras sobre um toróide (por menos que o número de espiras utilizadas para a indutância desejada).

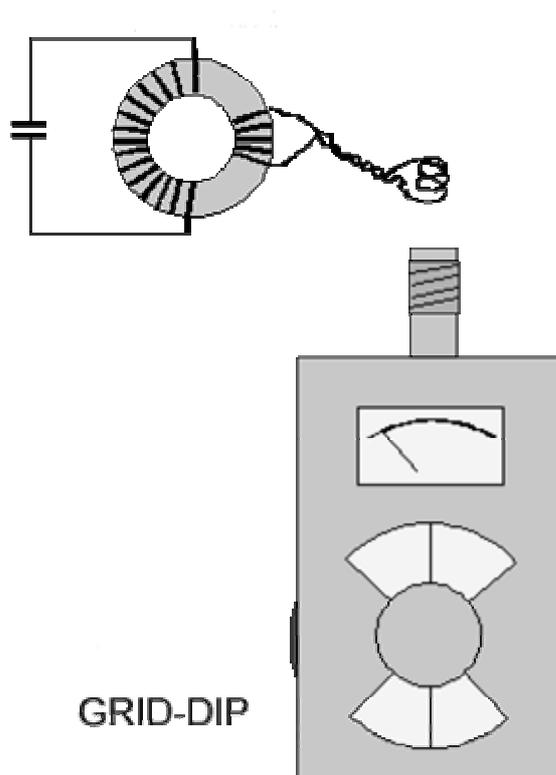


Figura 2 : Medição da frequência de ressonância de um circuito LC

Identificando o A_L de um toróide com um gerador de RF

Um outro método para medir um indutor é utilizar um gerador de RF. Monta-se um circuito com o indutor de valor desconhecido e um capacitor de precisão com o valor conhecido (da mesma forma que no método do grid dip meter). O indutor e o condensador formam um circuito ressonante. Então basta medir em qual frequência encontra-se o máximo de tensão nos limites do circuito. Para medir esta tensão, pode-se utilizar um osciloscópio ou um voltímetro com um circuito retificador RF na entrada. A precisão do valor de tensão não tem importância, só a detecção do máximo é que conta.

Tabelas e informações para o cálculo de toróides :

Propriedades dos núcleos magnéticos de Pó de ferro

| Mist. | Cor | Material | μ | Estabilidade de Temperatura (ppm/°C) | f (MHz) | Usos |
|-------|-----------------|---------------------|-------|--------------------------------------|-------------|--|
| 26 | Amarelo/Branco | Hidrogênio Reduzido | 75 | 825 | DC -1 | Filtros RFI, choques DC |
| 3 | Cinza | Carbonyl HP | 35 | 370 | 0.05 - 0.50 | Exc. estabilidade, bom Q em baixa frequência. |
| 15 | Vermelho/Branco | Carbonyl GS6 | 25 | 190 | 0.10 - 2 | Exc. estabilidade, bom Q |
| 1 | Azul | Carbonyl C | 20 | 280 | 0.50 - 5 | Exc. estabilidade, bom Q em baixa frequência. |
| 2 | Vermelho | Carbonyl E | 10 | 95 | 2 - 30 | Alto Q |
| 7 | Branco | Carbonyl TH | 9 | 30 | 3 - 35 | Similar a mist. 2 e a mist. 6, exceto pela estab. de temp. |
| 6 | Amarelo | Carbonyl SF | 8 | 35 | 10 - 50 | Muito bom Q e estabilidade temperatura para 20 a 50 MHz |
| 10 | Preto | Pó de ferro W | 6 | 150 | 30 - 100 | Bom Q e estabilidade para 40 a 100 MHz |
| 12 | Verde/Branco | Óxido Sintético | 4 | 170 | 50 - 200 | Bom Q, moderada estabilidade de temperatura |
| 17 | Azul/amarelo | Carbonyl | 4 | 50 | 40 - 180 | Similar a mist. 12, melhor est. temp., Q cai aprox. 10% acima 50 MHz, 20% acima de 100 MHz |
| 0 | Castanho | Fenólico | 1 | 0 | 100 - 300 | Indutância varia com o método de enrolamento |

| Material | Cor | μ | Estabilidade (ppm/°C) | Aplicação para um Q ótimo |
|------------|----------------------|-------|--------------------------|---------------------------------|
| HA (41) | VERDE | 75 | 975 | 1kHz...100kHz |
| HP (3) | CINZA | 35 | 370 | 50kHz...500kHz |
| GS6 (15) | VERMELHO e BRANCO | 25 | 190 | 100kHz...2MHz |
| C (1) | AZUL | 20 | 280 | 500kHz...5MHz |
| E (2) | VERMELHO | 10 | 95 | 1MHz...30MHz |
| SF (6) | AMARELO | 8 | 35 | 10MHz...90MHz |
| W (10) | PRETO | 6 | 150 | 60MHz...150MHz |
| IRN-8 (12) | VERDE e BRANCO | 3 | 170 | 100MHz...200MHz |

| Valores de A_L | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|------|------|
| Tipo de Mistura | | | | | | | | | | | |
| Tamanho | 26 | 3 | 15 | 1 | 2 | 7 | 6 | 10 | 12 | 17 | 0 |
| T-12 | - | 60 | 50 | 48 | 20 | 18 | 17 | 12 | 7.5 | 7.5 | 3.0 |
| T-16 | 145 | 61 | 55 | 44 | 22 | - | 19 | 13 | 8.0 | 8.0 | 3.0 |
| T-20 | 180 | 76 | 55 | 52 | 27 | 24 | 22 | 16 | 10 | 10 | 3.5 |
| T-25 | 235 | 100 | 85 | 70 | 34 | 29 | 27 | 19 | 12 | 12 | 4.5 |
| T-30 | 325 | 140 | 93 | 85 | 43 | 37 | 36 | 25 | 16 | 16 | 6.0 |
| T-37 | 275 | 120 | 90 | 80 | 40 | 32 | 30 | 25 | 15 | 15 | 4.9 |
| T-44 | 360 | 180 | 160 | 105 | 52 | 46 | 42 | 33 | 18.5 | 18.5 | 6.5 |
| T-50 | 320 | 175 | 135 | 100 | 49 | 43 | 40 | 31 | 18 | 18 | 6.4 |
| T-68 | 420 | 195 | 180 | 115 | 57 | 52 | 47 | 32 | 21 | 21 | 7.5 |
| T-80 | 450 | 180 | 170 | 115 | 55 | 50 | 45 | 32 | 22 | 22 | 8.5 |
| T-94 | 590 | 248 | 200 | 160 | 84 | - | 70 | 58 | 32 | - | 10.6 |
| T-106 | 900 | 450 | 345 | 325 | 135 | 133 | 116 | - | - | - | 19 |
| T-130 | 785 | 3350 | 250 | 200 | 110 | 103 | 96 | - | - | - | 15 |
| T-157 | 870 | 420 | 360 | 320 | 140 | - | 115 | - | - | - | - |
| T-184 | 1640 | 720 | - | 500 | 240 | - | 195 | - | - | - | - |
| T-200 | 895 | 425 | - | 250 | 120 | 105 | 100 | - | - | - | - |

Use as tabelas acima para calcular a indutância e o número de espiras pelas seguintes fórmulas :

$$N = 100 * \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

$$L = A_L \left(\frac{N^2}{10^4} \right)$$

Onde : L = indutância em mH
A_L = uH por 100 espiras
N = numero total de espiras

Propriedades dos núcleos magnéticos de ferrite

| Material: | 43 | 61 | 63 | 67 | 68 | 72 | 75 | 77 | F | J |
|---|-------|----------|----------|-----------|-----------|------|--------|------|------|--------|
| Permeabilidade Inicial | 850 | 125 | 40 | 40 | 20 | 2000 | 5000 | 2000 | 3000 | 5000 |
| Permeabilidade Máxima | 3000 | 450 | 125 | 125 | 40 | 3500 | 8000 | 6000 | 4300 | 9500 |
| Atenuação de Ruído de RF | 20-60 | 200-1000 | 500-2000 | 3500-1500 | 1000-5000 | 1-50 | 0.5-20 | 1-50 | 1-50 | 0.5-20 |
| A atenuação de ruído de RF nas fileiras acima estão indicados em MHz. | | | | | | | | | | |

MATERIAL 43 (μ = 850) Alto volume de resistividade. Para indutores de frequência media e transformadores banda larga até 50 MHz. Ótima atenuação de frequência de 40 a 400 MHz.

MATERIAL 61 (μ = 125) Oferece moderada estabilidade de temperatura e alto 'Q' para frequências de 0.2 a 15 MHz . Utilizado para transformadores banda-larga até 200 MHz e com atenuação acima dessa frequência.

MATERIAL 63 (μ = 40) Para indutores de alto 'Q' na faixa entre 15 a 25 MHz.

MATERIAL 64 (μ= 250) Utilizado primariamente como material para “contas” (*beads*) com alto volume de resistividade. Excelente estabilidade de temperatura e com boas propriedades de blindagem acima de 400 MHz.

MATERIAL 67 (μ= 40) Similar ao material 63 material. Tem grande saturação de fluxo de densidade e boa estabilidade de temperatura. Para indutores com alto 'Q' (10 a 80 Mhz) e transformadores banda-larga até 200 MHz.

MATERIAL 68 (μ = 20) Alto volume de resistividade e excelente estabilidade de temperatura. Para circuitos ressonantes de alto “Q” de 80 a 180 MHz e para indutores de alta frequência. (o material 68 foi descontinuado, sendo substituído pelos materiais 61 e 67).

MATERIAL 73 ($\mu = 2500$) Utilizado apenas na fabricação de contas de ferrite (*beads*) Tem boas propriedades de atenuação de 1 a 50 MHz.

MATERIAL 77 ($\mu = 2000$) Tem alta densidade de fluxo de saturação em alta temperatura. Baixa perda na faixa de 1 kHz a 1 MHz. Para conversores de potencia de baixo nível e transformadores banda-larga. Muito utilizado para atenuação de freqüências de 0.5 a 50 MHz. Foi desenvolvido a partir do material 72, que ainda é disponível em alguns tamanhos, mas foi substituído pelo material 77 na linha de produção.

MATERIAL 'F' ($\mu = 3000$) Alto fluxo de densidade de saturação em alta temperatura. Utilizado para transformadores de alimentação. Boa atenuação de freqüências de 0.5 a 50 MHz.

MATERIAL ' J '75 ($\mu = 5000$) Baixo volume de resistividade e baixa perda de 1 kHz a 1MHz. Usado para transformadores de pulso e transformadores banda larga de baixo nível. Excelente atenuação de freqüência de 0.5 a 20 MHz.

MATERIAL K ($\mu = 290$). Usado primariamente em transformadores de linhas de transmissão na faixa de 1 a 50 MHz.

MATERIAL W ($\mu = 10,000$). Material de alta permeabilidade usado para atenuação de freqüências de 100 kHz a 1 MHz em filtros de RFI. Também é utilizado em transformadores banda-larga.

MATERIAL H ($\mu = 15,000$). Material de alta permeabilidade usado para atenuação de freqüências abaixo de 200 kHz. Também é utilizado em transformadores banda larga.

datasheet em PDF, elaborado pelo colega indiano N.S.Harisankar, VU3NSH:

http://www.hamradioindia.org/downloads.php?d_op=getit&lid=30 ou

http://www.dx.hu/~ha7ty/toroid_datasheet.pdf

Uma ferramenta prática para calcular indutores com núcleos toroidais é utilizar o programa do colega alemão Wilfried, DL5SWB, que é o famoso **Mini Ring Core Calculator**, que está na página :

http://www.dl5swb.de/html/mini_ring_core_calculator.htm

Dimensões físicas e dados sobre toróides :

| Dimensões dos núcleos magnéticos de pós de ferro | | | | |
|--|----------|------------------------|--------|--------|
| Tamanho | Cor | Dimensões em polegadas | | |
| | | D.Ext. | D.Int. | Altura |
| T-200-2 | Vermelho | 2.00 | 1.25 | 0.55 |
| T-94-2 | Vermelho | 0.94 | 0.56 | 0.31 |
| T-80-2 | Vermelho | 0.80 | 0.50 | 0.25 |
| T-68-2 | Vermelho | 0.68 | 0.37 | 0.19 |
| T-50-2 | Vermelho | 0.50 | 0.30 | 0.19 |
| T-37-2 | Vermelho | 0.37 | 0.21 | 0.12 |
| T-25-2 | Vermelho | 0.25 | 0.12 | 0.09 |
| T-12-2 | Vermelho | 0.125 | 0.06 | 0.05 |
| T-50-10 | Preto | 0.50 | 0.30 | 0.19 |
| T-37-10 | Preto | 0.37 | 0.21 | 0.12 |
| T-25-10 | Preto | 0.25 | 0.12 | 0.09 |
| T-12-10 | Preto | 0.125 | 0.06 | 0.05 |
| T-94-9 | Amarelo | 0.94 | 0.56 | 0.31 |
| T-80-6 | Amarelo | 0.80 | 0.50 | 0.25 |
| T-68-6 | Amarelo | 0.68 | 0.37 | 0.19 |
| T-50-6 | Amarelo | 0.50 | 0.30 | 0.19 |
| T-26-6 | Amarelo | 0.25 | 0.12 | 0.09 |
| T-12-6 | Amarelo | 0.125 | 0.06 | 0.05 |

Maximo de espiras por toróide

| fi | T25 | T37 | T44 | T50 | T68 | T106 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 12 | | 2 | 3 | 6 | 8 | 15 |
| 14 | | 4 | 5 | 8 | 12 | 21 |
| 16 | 1 | 6 | 7 | 12 | 16 | 27 |
| 18 | 3 | 9 | 11 | 16 | 21 | 36 |
| 20 | 5 | 12 | 15 | 22 | 28 | 46 |
| 22 | 7 | 17 | 20 | 28 | 36 | 59 |
| 24 | 10 | 22 | 26 | 37 | 46 | 74 |
| 26 | 14 | 29 | 34 | 47 | 59 | 95 |
| 28 | 18 | 37 | 43 | 59 | 74 | 118 |
| 30 | 24 | 48 | 55 | 76 | 94 | 149 |
| 32 | 31 | 60 | 69 | 94 | 117 | 185 |
| 34 | 41 | 78 | 88 | 121 | 150 | 235 |
| 36 | 52 | 98 | 111 | 151 | 187 | 293 |
| 38 | 65 | 122 | 138 | 187 | 232 | 362 |
| 40 | 84 | 156 | 177 | 239 | 296 | 462 |

AMIDON, INC.

Os famosos ferrites Amidon

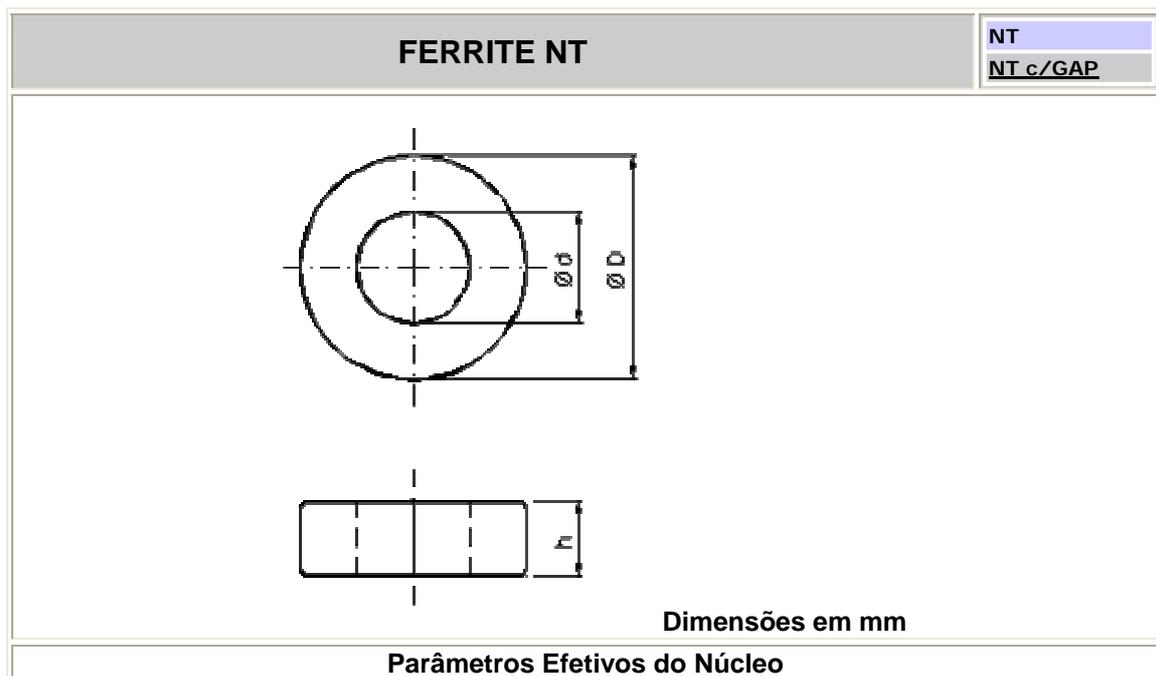
Se perguntarmos a qualquer colega radioamador qual é o mais renomado fabricante de núcleos toroidais, com a mais absoluta certeza a resposta será a **Amidon**.

No entanto, a Amidon não é fabricante, e sim uma empresa de **representação**, que vende núcleos toroidais produzidos por diversos fabricantes, até mesmo porque as especificações de núcleos toroidais são padronizadas. Fundada em 1963 por Willian Amidon, a empresa teve sua atividade inicial voltada para os radioamadores, mas devido a grande atenção de Willian às necessidades de seus clientes, seu padrão de qualidade e pontualidade nas entregas, a Amidon foi crescendo gradativamente até tornar-se a maior distribuidora de núcleos toroidais do mercado norte-americano. Na realidade, os toróides representados são produzidos pelas empresas *Fair-Rite*, *Ferrishield* e *Ferronics*, entre outras.

Núcleos de ferrite Thornton, produzidos no Brasil

http://www.thornton.com.br/port/p_t.htm

| CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS THORNTON | | | | | | |
|--|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| MATERIAL | <u>IP6</u> | <u>IP6 I2</u> | <u>IP6 I3</u> | <u>IP 12R</u> | <u>IP 12E</u> | <u>TH 50</u> |
| Permeabilidade Inicial μ_i | 2000 | 2200 | 2200 | 2100 | 2300 | 5000 |
| | $\pm 25\%$ | $\pm 25\%$ | $\pm 25\%$ | $\pm 25\%$ | $\pm 25\%$ | $\pm 25\%$ |
| Fator de dissipação (rel.) $f = 10$ [Khz] | --- | $\leq 2,0$ | $\leq 1,0$ | --- | --- | --- |
| $\tan d / \mu_i \cdot 10^{-6} f = 100$ [Khz] | --- | $\leq 10,0$ | $\leq 5,0$ | --- | --- | --- |
| Temperatura de Curie [°C] | ≥ 165 | ≥ 140 | ≥ 160 | ≥ 210 | ≥ 210 | ≥ 130 |
| Coercividade [A/m] | 18,0 | 18,0 | 15,0 | 18,0 | 18,0 | 10,0 |
| Densidade de Fluxo ($\wedge B$) a 10 Oe, 23°C [10^{-3} T] | --- | 410 | 400 | --- | --- | 390 |
| Densidade de Fluxo ($\wedge B$) a 15 Oe, 23°C [10^{-3} T] | 480 | --- | --- | 510 | 510 | --- |
| Constante de Histerese (h_B) [10^{-3} /T] | $\leq 8,0$ | $\leq 8,0$ | $\leq 1,5$ | --- | --- | $\leq 1,3$ |
| Fator de Desacomodação (D_F) [ppm] | 10,0 | $\leq 7,0$ | $\leq 5,0$ | --- | --- | --- |
| Densidade (ρ) [Kg/m^3] | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 | 4800 | 4900 |



| Modelo | $\Sigma I/A$ | Le | Ae | Ve |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | mm ⁻¹ | mm ¹ | mm ² | mm ³ |
| NT - 4/1/1 | 4,53 | 5,8 | 1,3 | 7,4 |
| NT - 7/3/5 | 1,48 | 14,0 | 9,4 | 131,7 |
| NT - 10/5/2 | 4,53 | 21,78 | 4,8 | 104,6 |
| NT - 10/5/3,2 | 2,83 | 21,78 | 7,7 | 167,4 |
| NT - 10/5/3,5 | 2,59 | 21,78 | 8,41 | 183,09 |
| NT - 10/5/6,5 | 1,39 | 21,78 | 15,6 | 340,2 |
| NT - 12,5/7,5/4,25 | 2,89 | 30,09 | 10,40 | 312,85 |
| NT - 12,5/7,5/8,5 | 1,45 | 30,09 | 20,79 | 625,69 |
| NT - 12,5/7,5/10 | 1,23 | 30,09 | 24,46 | 736,11 |
| NT - 15/9,5/7 | 1,97 | 37,2 | 18,92 | 703,37 |
| NT - 15/9,5/8 | 1,72 | 37,2 | 21,6 | 803,8 |
| NT - 15/9,5/12 | 1,146 | 37,18 | 32,43 | 1205,77 |
| NT - 15/9,5/25 | 0,55 | 37,18 | 67,57 | 2512,03 |
| NT - 15/9,5/28 | 0,491 | 37,18 | 75,68 | 2813,47 |
| NT - 19/11/6 | 1,92 | 44,9 | 23,4 | 1050,2 |
| NT - 19/11/12 | 0,958 | 44,9 | 46,82 | 2100,3 |
| NT - 23/14/8 | 1,58 | 55,8 | 35,3 | 1968,0 |
| NT - 23/14/10,1 | 1,253 | 55,8 | 44,53 | 2484,63 |
| NT - 23/14/11 | 1,151 | 55,8 | 48,50 | 2706,03 |
| NT - 27/16/12 | 1,00 | 64,6 | 64,5 | 4164,9 |
| NT - 35/22/15 | 0,90 | 86,4 | 95,77 | 8274,06 |
| NT - 35/22/17,5 | 0,773 | 86,4 | 111,73 | 9653,05 |
| NT - 35/22/22 | 0,615 | 86,4 | 140,46 | 12135,29 |
| NT - 45/19/16 | 0,46 | 89,1 | 195,6 | 17421,5 |
| NT - 52/32/20 | 0,647 | 126,9 | 196,12 | 24887,79 |
| NT - 60/21/10 | 0,59 | 106,5 | 178,0 | 18970,5 |
| NT - 60/21/20 | 0,299 | 106,5 | 356,07 | 37941,1 |
| NT - 62/42/8 | 2,017 | 159,31 | 79,0 | 12584,5 |
| NT - 62/42/20 | 0,815 | 159,30 | 195,57 | 31154,8 |
| NT - 94/54/13 | 0,88 | 220,32 | 249,32 | 54929,77 |

Nota 1: ** Poderão ser fornecidos com ou sem pintura

Nota 2: Em caso de fornecimento com pintura, as cotas externas ficam com dimensões máximas ampliadas em 0,25mm, e cotas internas ficam com dimensões mínimas reduzidas em 0,25mm.

| Código Encomenda | Material | Al [nH] | tol.[%] | Dimensões [mm] | | | | | | Peso ~g |
|------------------------------|----------|---------|-----------|----------------|-------|-----|-------|------|-------|---------|
| | | | | D | tol. | d | tol. | h | tol. | |
| NT-4/1/1-675-IP6 | IP6 | 675 | +30/-20 | 4,0 | ± 0,2 | 1,0 | ± 0,2 | 1,0 | ± 0,2 | 0,05 |
| NT-7/3/5-1500-IP6 | | 1500 | ± 30 | 7,0 | ± 0,3 | 3,0 | ± 0,3 | 5,0 | ± 0,3 | 0,65 |
| NT-7/3/5-3000-TH50 | TH50 | 3000 | ± 30 | 7,0 | ± 0,3 | 3,0 | ± 0,3 | 5,0 | ± 0,3 | 0,65 |
| NT-10/5/2-450-IP6 | IP6 | 450 | ± 50 | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 2,0 | ± 0,2 | 0,48 |
| NT-10/5/3,2-1000-IP6 | | 1000 | +40 / -30 | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 3,2 | ± 0,2 | 0,75 |
| NT-10/5/3,2-1300-TH50 | TH50 | 1300 | min. | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 3,2 | ± 0,2 | 0,75 |
| NT-10/5/3,5-1900-TH50 | TH50 | 1900 | ± 25 | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 3,5 | ± 0,2 | 0,75 |
| **NT-10/5/6,5-2000-IP6 | IP 6 | 2000 | ± 25 | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 6,5 | ± 0,5 | 1,83 |
| **NT-10/5/6,5-4000-TH50 | TH50 | 4000 | +40/-30 | 10,0 | ± 1,0 | 5,0 | ± 1,0 | 6,5 | ± 0,5 | 1,83 |
| **NT-12,5/7,5/4,25-1700-TH50 | TH50 | 1700 | +30/-20 | 12,5 | ± 1,0 | 7,5 | ± 1,0 | 4,25 | ± 0,5 | 1,57 |
| **NT-12,5/7,5/8,5-2200-IP6 | IP 6 | 2200 | ± 25 | 12,5 | ± 1,0 | 7,5 | ± 1,0 | 8,5 | ± 0,5 | 2,95 |
| **NT-12,5/7,5/10-2600-IP6 | | 2600 | ± 25 | 12,5 | ± 1,0 | 7,5 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,5 | 3,76 |
| **NT-12,5/7,5/10-2400-IP12R | IP 12R | 2400 | ± 25 | 12,5 | ± 1,0 | 7,5 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,5 | 3,76 |
| **NT-12,5/7,5/10-4200-TH50 | TH50 | 4200 | +35/-25 | 12,5 | ± 1,0 | 7,5 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,5 | 3,71 |
| **NT-15/9,5/7-2770-TH50 | TH50 | 2770 | +40/-20 | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 7,0 | ± 0,5 | 3,60 |
| **NT-15/9,5/8-2000-IP12R | IP12R | 2000 | ± 25 | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 8,0 | ± 0,5 | 4,10 |
| **NT-15/9,5/8-2000-IP6 | IP 6 | 2000 | ± 25 | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 8,0 | ± 0,5 | 4,10 |
| **NT-15/9,5/12-5000-TH50 | TH50 | 5000 | +30/-20 | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 12,0 | ± 0,5 | 6,00 |
| **NT-15/9,5/25- | | 6000 | min. | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 25,4 | ± 0,5 | 12,50 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|-------|------|------|-------|------|--------|------|-------|-------|
| 6000-TH50 | | | | | | | | | | |
| **NT-15/9,5/28-12000-TH50 | | 12000 | ± 25 | 15,0 | ± 1,0 | 9,5 | ± 1,0 | 28,5 | ± 0,5 | 14,00 |
| **NT-19/11/6-1300-IP6 | IP 6 | 1300 | ± 25 | 19,0 | ± 0,6 | 11,0 | ± 0,35 | 6,0 | ± 0,2 | 5,20 |
| **NT-19/11/6-1300-IP12R | IP 12R | 1300 | ± 25 | 19,0 | ± 0,6 | 11,0 | ± 0,35 | 6,0 | ± 0,2 | 5,20 |
| **NT-19/11/6-2200-TH50 | TH50 | 2200 | ± 25 | 19,0 | ± 0,6 | 11,0 | ± 0,35 | 6,0 | ± 0,2 | 5,20 |
| **NT-19/11/12-2600-IP12R | IP 12R | 2600 | ± 25 | 19,0 | ± 0,6 | 11,0 | ± 0,35 | 12,0 | ± 0,2 | 10,60 |
| **NT-19/11/12-4400-TH50 | TH50 | 4400 | ± 25 | 19,0 | ± 0,6 | 11,0 | ± 0,35 | 12,0 | ± 0,2 | 10,60 |
| **NT-23/14/8-1700-IP12R | IP12R | 1700 | ± 25 | 23,0 | ± 1,0 | 14,0 | ± 1,0 | 8,0 | ± 0,5 | 9,78 |
| **NT-23/14/8-1700-IP6 | IP 6 | 1700 | ± 25 | 23,0 | ± 1,0 | 14,0 | ± 1,0 | 8,0 | ± 0,5 | 9,78 |
| **NT-23/14/10,1-3600-TH50 | TH50 | 3600 | min. | 23,0 | ± 1,0 | 14,0 | ± 1,0 | 10,1 | ± 0,5 | 12,32 |
| **NT-23/14/11-4400-TH50 | TH50 | 4400 | ± 25 | 23,0 | ± 1,0 | 14,0 | ± 1,0 | 11,0 | ± 0,5 | 13,60 |
| **NT-27/16/12-2700-IP12R | IP12R | 2700 | ± 25 | 27,0 | ± 0,7 | 16,0 | ± 0,5 | 12,0 | ± 0,5 | 22,0 |
| **NT-27/16/12-2700-IP6 | IP 6 | 2700 | ± 25 | 27,0 | ± 0,7 | 16,0 | ± 0,5 | 12,0 | ± 0,5 | 22,0 |
| **NT-27/16/12-6000-TH50 | TH50 | 6000 | ± 25 | 27,0 | ± 0,7 | 16,0 | ± 0,5 | 12,0 | ± 0,5 | 22,5 |
| **NT-35/22/15-3000-IP12R | IP12R | 3000 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 15,0 | ± 0,5 | 40,0 |
| **NT-35/22/15-3000-IP6 | IP6 | 3000 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 15,0 | ± 0,5 | 40,0 |
| **NT-35/22/15-3200-IP12E | IP12E | 3200 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 15,0 | ± 0,5 | 40,0 |
| **NT-35/22/15-5000-TH50 | TH50 | 5000 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 15,0 | ± 0,5 | 40,0 |
| **NT-35/22/17,5-3700-IP12E | IP12E | 3700 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 17,5 | ± 0,5 | 46,7 |
| **NT-35/22/17,5- | IP12R | 3400 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 17,5 | ± 0,5 | 46,7 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|------|------------|------|-------|------|-------|------|-----------|--------|
| 3400-IP12R | | | | | | | | | | |
| **NT-35/22/17,5-3400-IP6 | IP6 | 3400 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 17,5 | ± 0,5 | 46,7 |
| **NT-35/22/22-8000-TH50 | TH50 | 8000 | +50 / - 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 0,5 | 60,30 |
| **NT-35/22/22-4100-IP12R | IP12R | 4100 | ± 25 | 35,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 1,0 | 22,0 | ± 0,5 | 60,30 |
| **NT-45/19/16-6000-IP12E | IP12E | 6000 | ± 25 | 45,0 | ± 1,0 | 19,0 | ± 1,0 | 16,0 | ± 0,6 | 93,50 |
| **NT-45/19/16-6000-IP12R | IP12R | 6000 | ± 25 | 45,0 | ± 1,0 | 19,0 | ± 1,0 | 16,0 | ± 0,6 | 93,50 |
| **NT-45/19/16-6000-IP6 | IP 6 | 6000 | ± 25 | 45,0 | ± 1,0 | 19,0 | ± 1,0 | 16,0 | ± 0,6 | 93,50 |
| **NT-52/32/20-4400-IP6 | IP 6 | 4400 | ± 25 | 52,0 | ± 1,0 | 32,0 | ± 1,0 | 20,0 | ± 0,48 | 121,50 |
| **NT-52/32/20-4400-IP12E | IP1 2E | 4400 | ± 25 | 52,0 | ± 1,0 | 32,0 | ± 1,0 | 20,0 | ± 0,48 | 121,50 |
| **NT-52/32/20-7100-TH50 | TH50 | 7100 | ± 25 | 52,0 | ± 1,0 | 32,0 | ± 1,0 | 20,0 | ± 0,48 | 121,50 |
| **NT-60/21/10-3750-IP12E | IP 12E | 3750 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,4 | 107,00 |
| **NT-60/21/10-3750-IP6 | IP 6 | 3750 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,4 | 107,00 |
| **NT-60/21/10-4400-IP12R | IP 12R | 4400 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 10,0 | ± 0,4 | 107,00 |
| **NT-60/21/20-7600-IP12E | IP12E | 7600 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 20,0 | +0,6/-0,4 | 231,00 |
| **NT-60/21/20-7600-IP12R | IP12R | 7600 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 20,0 | +0,6/-0,4 | 231,00 |
| **NT-60/21/20-7600-IP6 | IP6 | 7600 | ± 25 | 60,0 | ± 2,5 | 21,0 | ± 1,0 | 20,0 | +0,6/-0,4 | 231,00 |
| **NT-62/42/8-1300-IP12R | IP 12R | 1300 | ± 25 | 62,0 | ± 2,5 | 42,0 | ± 1,5 | 8,0 | ± 0,6 | 57,50 |
| **NT-62/42/20-3550-IP12E | IP 12E | 3550 | ± 25 | 62,0 | ± 2,5 | 42,0 | ± 1,5 | 20,0 | ± 0,6 | 153,00 |
| **NT-94/54 | IP 6 | 2500 | ± 25 | 94,0 | ± 1,5 | 53,7 | ± | 12,7 | ± 0,5 | 272,00 |

Núcleos toroidais produzidos no Brasil pela Sontag

<http://www.sontag.com.br/>

Ferrite

É o produto da combinação físico-química de óxido de ferro (Fe_2O_3) com óxidos metálicos, tais como : NiO, MnO₂, ZnO, BaO e outros.

Estes óxidos, devidamente misturados em proporções adequadas, são calcinados, moídos, moldados e sintetizados em fornos especiais, onde adquirem suas características mecânicas e eletromagnéticas finais.

Ferrite Mole (doce)

Tal material tem como principais características sua fácil condição de magnetização e desmagnetização além de elevada resistividade elétrica, que possibilita sua aplicação em níveis de frequência mais elevada que os núcleos de ferro silício laminados, podendo chegar a algumas dezenas de MHz com baixas perdas por correntes parasitas ou “*Eddy Current*”.

Ferrite Manganês - Zinco (MnZn)

É um ferrite de composição básica : $Fe_2O_3 + MnO_2 + ZnO$

Ferrite Manganês - Zinco (MnZn) grau MN25

É indicado para aplicações como núcleo de transformadores ou choques de potência para frequências da ordem de 200 KHz, com perdas desprezíveis.

Ferrite Níquel - Zinco (NiZn)

É um ferrite de composição básica : $Fe_2O_3 + NiO + ZnO$

Ferrite Níquel - Zinco (NiZn) grau N3F

É um ferrite indicado para aplicações como núcleo de pequenas bobinas, bastões de antena, núcleos balun, *beads* supressores de ruído e outros tipos de núcleos para frequências de até 6 MHz, para uso em filtros com perdas desprezíveis.

Ferrite Níquel - Zinco (NiZn) grau N4A

É um ferrite indicado para as mesmas aplicações que o grau N3F, entretanto, para frequências de até 12 MHz.

Ferrite Níquel - Zinco (NiZn) grau N2A

É um ferrite indicado para aplicações em que se necessite uma permeabilidade maior que para os graus N3F e N4A, entretanto, para frequências de até 3MHz.

Ferrite Níquel - Zinco (NiZn) grau N3G

Este material foi, especialmente, desenvolvido para aplicação como “*Impeder*“ para serem aplicados em equipamentos de solda por indução de tubos metálicos.

Ferrite para Supressores de Interferências EletroMagnéticas

Características de nossos ferrites para esta aplicação, ou seja : XL, Rs e Z em função de frequência.

Ferrite Duro (Hard)

Este material tem como característica principal sua elevada coercitividade que o caracteriza como imã permanente.

Ferrite de Bário

É um ferrite duro de composição básica : $Fe_2O_3 + BaO$

Ferrite de Bário grau M1B

É um tipo de imã permanente não orientado ou isotrópico para aplicações como : acoplamento magnético para hidrômetros, suspensão magnética para watômetros, para uma série de aplicações, em instrumentos de medição, em comandos e outras aplicações gerais.

Pó de Ferro

Tal material é obtido com micro esferas de ferro (Ferrocarbonilo) aglomeradas com resinas especiais.

Pó de Ferro (Ferrocarbonilo) grau E

É um material para ser aplicado como núcleo de bobinas para frequências de até 50 MHz com perdas desprezíveis e tem como principal vantagem sua elevada estabilidade de fator de qualidade e permeabilidade como função do tempo, campo magnético aplicado e variação da temperatura.

Micro - Choques

Nesta categoria de produtos temos pequenas bobinas com valores indutivos de 1 μ H a 1mH.

Unidades de Pureza e Convergência

São unidades magnéticas multipolares para ajuste de pureza e convergência para cinescópios em cores.

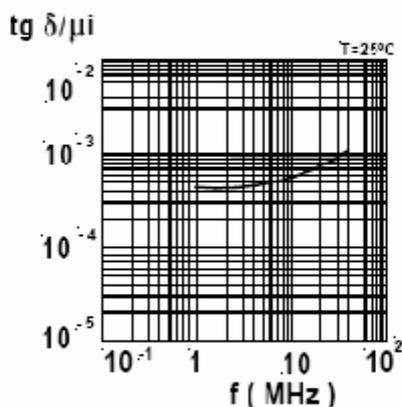
SONTAG

PÓ DE FERRO (Ferrocarbonilo) grau E

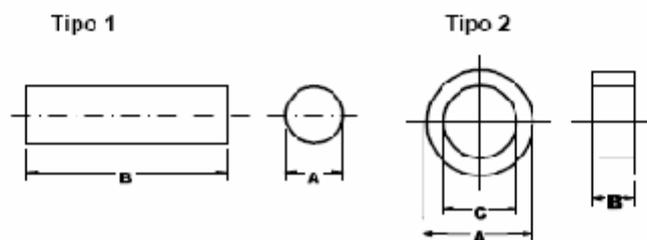
• Características Magnéticas

Fermeabilidade Inicial ($B \leq 0,1\text{mT}$, $T=25^\circ\text{C}$) - μ_i $9,0 \pm 10\%$
Perdas ($B \leq 0,1\text{ mT}$, $f = 40\text{ MHz}$, $T = 25^\circ\text{C}$) - $\text{tg } \delta / \mu_i \leq 1100 \times 10^{-6}$
Max. Temperatura de uso $\leq 150^\circ\text{C}$

Curvas Características



• Características Mecânicas



| Código | Dimensões (mm) | | | Tipo |
|---------|-----------------|----------|---------|------|
| | A | B | C | |
| E1003C5 | 10,0±0,2 | 3,0±0,2 | 5,0±0,2 | 2 |
| E1604 | 1,59±0,05 | 3,85±0,1 | | 1 |
| E2408 | 2,35±0,05 | 8,0±0,3 | | 1 |
| E4710 | 4,7±0,1 | 10,0±0,3 | | 1 |

Obs : Núcleos com outros perfis ou dimensões poderão ser desenvolvidos sob consulta.

SONTAG COM. E PART. LTDA.
Tel : (11) 5523-6722 - Fax : (11) 5686-9779

Av. N. Sra. do Sabara' , 243
04685-000 - São Paulo - SP

Fontes para consulta :

<http://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/ferriet.htm> (links de diversos fabricantes)

http://pt.wikipedia.org/wiki/Permeabilidade_%28f%C3%ADsica%29

http://www.hamradioindia.org/downloads.php?d_op=getit&lid=30

http://www.dx.hu/~ha7ty/toroid_datasheet.pdf

http://www.bls.fr/amatech/electronique/Composants/Transfos_toriques/transf_tor.htm

<http://www.uoguelph.ca/~antoon/circ/toroids.htm>

<http://www.electronics-tutorials.com/basics/toroids.htm>

http://www.electronics-tutorials.com/basics/toroidcharts_mcq.htm

http://www.amidon-inductive.com/aai_ironpowdercores.htm

http://www.amidon-inductive.com/aai_ferritecores.htm

http://www.thornton.com.br/port/p_t.htm

<http://www.sontag.com.br/>

<http://www.oselectronics.com/downloads/Broadband%20Transformers.pdf>

<http://home24.inet.tele.dk/oz1pif/AN749.pdf> (AN479, nota clássica da Motorola)

Os melhores livros sobre o assunto:

"Some Broad Band Transformers" de Ruthroff

"Ferromagnetic Design and Applications Handbook" de Doug DeMaw

Espero que essas informações sejam úteis !

Adinei

PY2ADN [py2adn \(arroba\) yahoo.com.br](mailto:py2adn@arroba.yahoo.com.br)