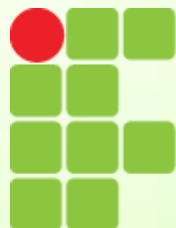


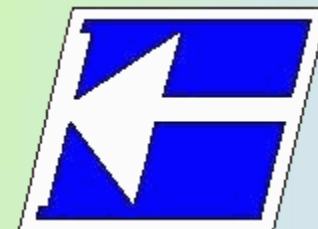
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**

**Departamento Acadêmico de Eletrônica**

**Projeto de Fontes Chaveadas**



**INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA**



## **Parte 1 – Fontes Lineares**

**Projeto completo de uma fonte linear**

**Prof. Clóvis Antônio Petry.**

**Florianópolis, março de 2009.**

# Bibliografia para esta aula



## Disciplina de Retificadores

Clóvis Antônio Petry - HomePage - Internet Explorer provided by Dell

CAUsers\Petry\Documents\Pagina\_2008\index.html

File Edit View Favorites Tools Help

Clóvis Antônio Petry - HomePage

Principal  
Eventos  
Links  
Autor  
Contato

10 anos  
compartilhando conteúdo

Procure documentos nesta página

Ensinso Pesquisa Ic&Tec Base Dados

Conversores Estáticos

Plano de Ensino (2008/1)

Baixe o plano de ensino da disciplina:

Datas das Avaliações

- Primeira avaliação = 24/03/2008
- Segunda avaliação = 16/04/2008
- Terceira avaliação = 21/05/2008
- Quarta avaliação = 25/06/2008

Notas da Disciplina

Acesse aqui:

Dúvidas, entre em contato:  
petry@cefetsc.edu.br

Notas de Aula

Projeto do Curso

Baixe o projeto do CST em Sistemas Eletrônicos aqui:

Done

Computer | Protected Mode: Off

100%

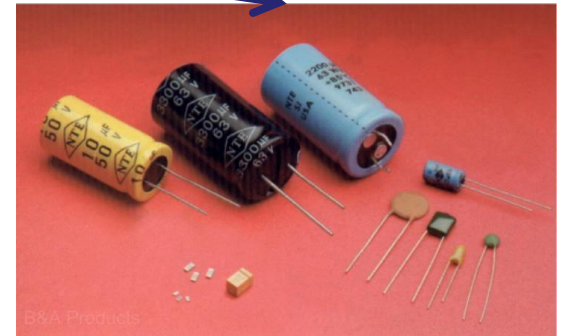
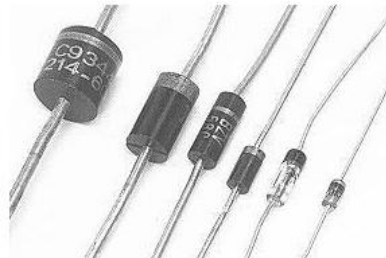
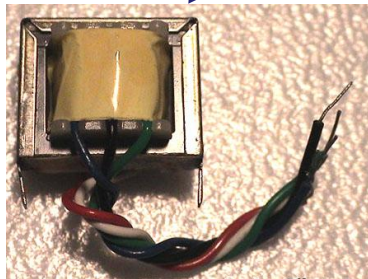
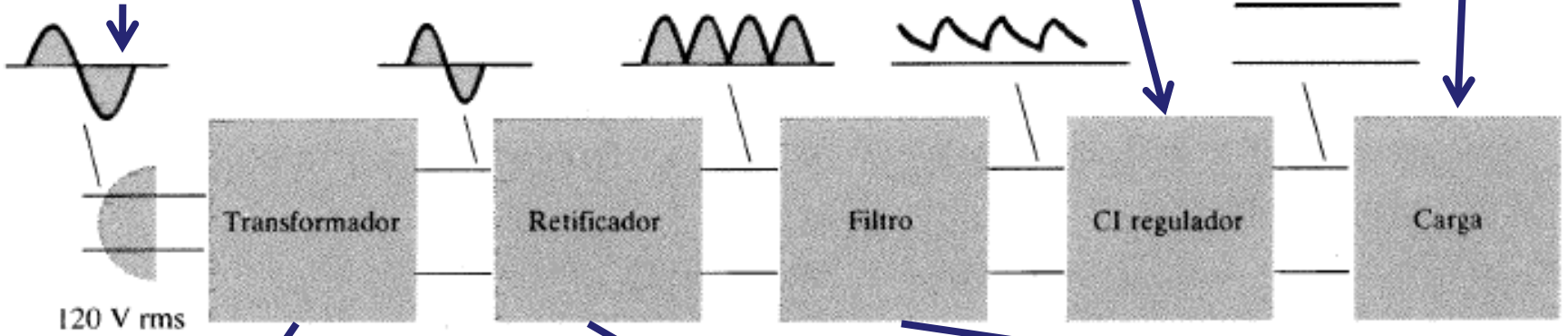
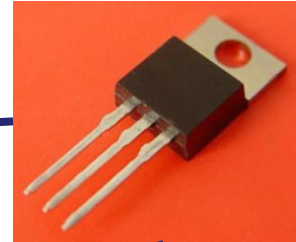
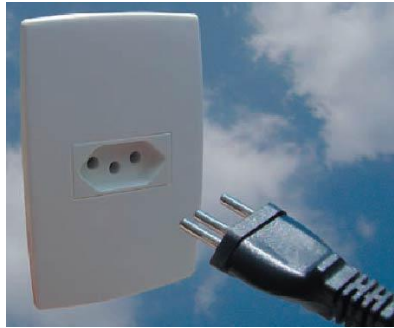
[www.cefetsc.edu.br/~petry](http://www.cefetsc.edu.br/~petry)

# Nesta aula

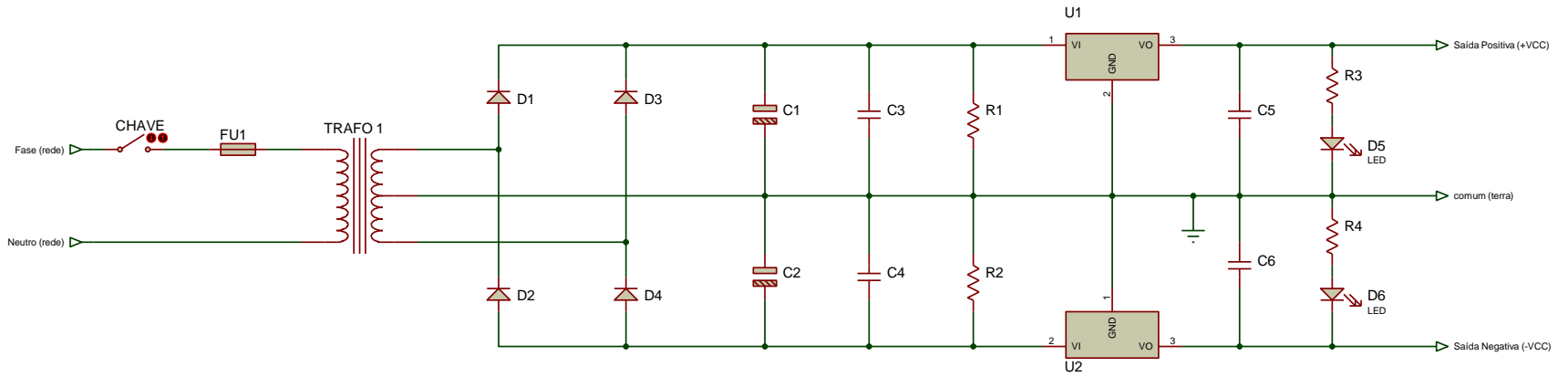
## **Parte 1 – Fontes lineares:**

1. Projeto completo de uma fonte linear.

# Nesta aula



# Fonte a ser projetada



# Especificações

## Dados de entrada:

$$V_{\text{rede\_nom}} := 220 \text{ V} \quad f := 60 \text{ Hz} \quad T_A := 30 \text{ C}^{\circ} \quad T_j := 150 \text{ C}^{\circ}$$

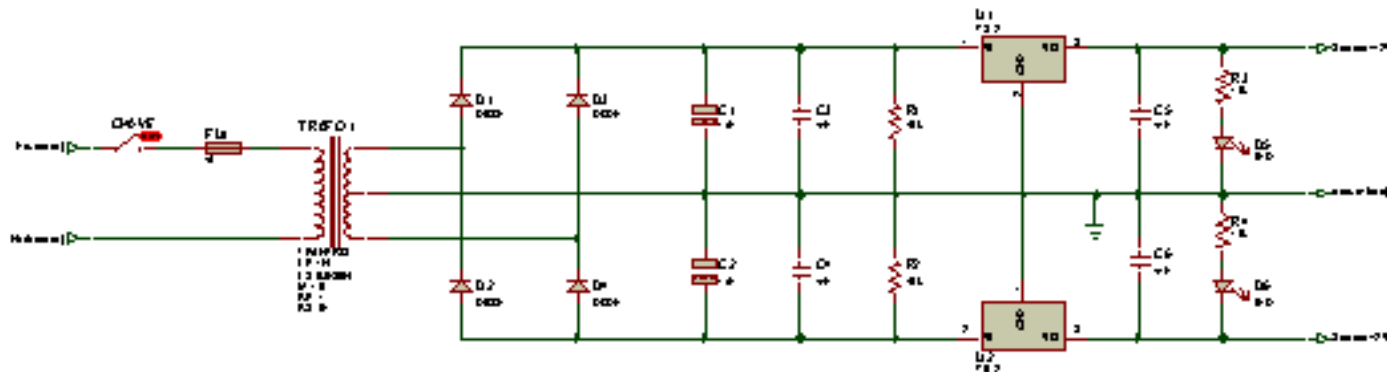
$$\text{Ondulacao} := 5 \text{ \%} \quad \text{Ondulação de tensão permitida nos capacitores}$$

$$\text{Regulacao} := 10 \text{ \%} \quad \text{Regulação do transformador}$$

$$\Delta := 0.1 \quad \text{Variação na tensão da rede}$$

$$V_{O1} := 5 \text{ V} \quad I_{O1} := 1 \text{ A} \quad V_D := 1 \text{ V}$$

$$V_{O2} := -5 \text{ V} \quad I_{O2} := -1 \text{ A}$$



# Reguladores de tensão

## Reguladores de tensão:

U1 - regulador LM7805, 1A x 5V

U2 - regulador LM7905, 1A x 5V

C5 - capacitor eletrolítico de 1uF x 25

C6 - capacitor eletrolítico de 1uF x 25

C3 - capacitor eletrolítico de 1uF x 50

C4 - capacitor eletrolítico de 1uF x 50

# Sinalização

## Sinalização:

D5 e D6 - Leds convencionais de 2V x 20mA

$$R3 := \frac{V_{o1} - 2}{20 \cdot 10^{-3}} \quad R3 = 150 \quad \Omega$$

$$P_{R3} := (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot R3 \quad P_{R3} = 0.06 \quad W$$

R3 e R4 - resistores de 150Ω x 1/8W

# Tensões importantes

## Tensões antes dos reguladores:

$$V_{C1\_min} := V_{o1} + 3 \quad V_{C1\_min} = 8 \quad V$$

$$V_{C2\_min} := V_{C1\_min} \quad V_{C2\_min} = 8 \quad V$$

$$V_{C1\_max} := V_{C1\_min} + V_{C1\_min} \frac{\text{Ondulacao}}{100} \quad V_{C1\_max} = 8.4 \quad V$$

# Proteção do usuário

## Descarga dos capacitores eletrolíticos:

$$R1 := 47 \cdot 10^3 \quad \Omega$$

$$P_{R1} := \frac{(V_{C1\_max})^2}{R1} \quad P_{R1} = 1.501 \times 10^{-3} \quad W$$

R1 e R2 - resistores de 47 $\Omega$  x 1/8W

# Especificações do transformador

## Escolha do transformador:

$$V_{s\_pk} := V_{C1\_max} + V_D \quad V_{s\_pk} = 9.4 \quad V$$

Considerando uma queda de 1V em cada diodo!

$$V_{s\_carga} := V_{s\_pk} \cdot \left( 1 + \frac{\text{Regulacao}}{100} \right) \quad V_{s\_carga} = 10.34 \quad V$$

$$V_{s\_min} := V_{s\_carga} \cdot (1 + \Delta) \quad V_{s\_min} = 11.374$$

$$V_{s\_ef} := \frac{V_{s\_min}}{\sqrt{2}} \quad V_{s\_ef} = 8.043 \quad V \quad \underline{V_{s\_ef} := 9 \quad V}$$

Transformador com tensão de saída de 9V + 9V

# Especificações do transformador

Falta determinar a potência do transformador!

$$P_{o1} := V_{o1} \cdot I_{o1} \quad P_{o1} = 5 \quad \text{W}$$

$$P_{o2} := V_{o2} \cdot I_{o2} \quad P_{o2} = 5 \quad \text{W}$$

Considera-se que o transformador terá tensão nominal na saída quando está com carga total.

$$P_o := P_{o1} + P_{o2} \quad P_o = 10 \quad \text{W}$$

$$V_{s\_max} := V_{s\_ef} \cdot (1 + \Delta) \cdot \sqrt{2} \quad V_{s\_max} = 14.001$$

$$V_{C\_max} := V_{s\_max} - V_D \quad V_{C\_max} = 13.001 \quad \text{V}$$

$$V_{\Delta U1} := V_{C\_max} - V_{o1} \quad V_{\Delta U1} = 8.001 \quad \text{V}$$

$$V_{\Delta U2} := -V_{C\_max} - V_{o2} \quad V_{\Delta U2} = -8.001 \quad \text{V}$$

# Especificações do transformador

$$P_{U1} := V_{\Delta U1} \cdot I_{o1} \quad P_{U1} = 8.001 \quad \text{W}$$

$$P_{U2} := V_{\Delta U2} \cdot I_{o2} \quad P_{U2} = 8.001 \quad \text{W}$$

$$P_D := V_D \cdot \frac{I_{o1}}{2} \cdot 4 \quad P_D = 2 \quad \text{W}$$

$$P_{in} := P_{U1} + P_{U2} + P_o + P_D \quad P_{in} = 28.001 \quad \text{W}$$

$$\eta := \frac{P_o}{P_{in}} \cdot 100 \quad \eta = 35.712 \quad \%$$

$$P_{s1} := P_{o1} + P_{U1} + \frac{P_D}{2} \quad P_{s1} = 14.001 \quad \text{VA} \quad \text{Potência em um sec.}$$

$$FP := 0.6 \quad S_{s1} := \frac{P_{s1}}{FP} \quad S_{s1} = 23.335 \quad \text{VA}$$

$$I_{s1} := \frac{S_{s1}}{V_{s\_ef}} \quad I_{s1} = 2.593 \quad \text{A}$$

# Escolha dos capacitores

## Escolha dos capacitores:

$$C_1 := \frac{P_{o1} + P_{U1}}{2f \cdot \left( V_{C1\_max}^2 - V_{C1\_min}^2 \right)} \quad C_1 = 0.017 \quad \text{F}$$

$$C_2 := \frac{P_{o2} + P_{U2}}{2f \cdot \left( V_{C1\_max}^2 - V_{C1\_min}^2 \right)} \quad C_2 = 0.017 \quad \text{F}$$

C1 e C2 - Capacitores eletrolíticos de 17mF x 50V  $C_1 \cdot 10^3 = 16.515$

# Escolha dos diodos

$$I_{D1} := \frac{I_{o1}}{2}$$

$$I_{D1} = 0.5 \quad \text{A}$$

D1 a D4 - Diodos para 0,5A x 50V, pode ser 1N4002 (1A x 10

# Escolha dos dissipadores

## Escolha dos dissipadores:

$$R_{jc} := 4 \frac{C^{\circ}}{W}$$

Para encapsulamento T0-3

$$R_{ca} := 35 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{jc} := 4 \frac{C^{\circ}}{W}$$

Para encapsulamento T0-22

$$R_{ca} := 50 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{cd} := 1 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{ja1} := \frac{T_j - T_A}{P_{U1}}$$

$$R_{ja1} = 14.999 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{ja2} := \frac{T_j - T_A}{P_{U2}}$$

$$R_{ja2} = 14.999 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{da1} := R_{ja1} - R_{cd} - R_{jc} \quad R_{da1} = 9.999 \frac{C^{\circ}}{W}$$

$$R_{da2} := R_{ja2} - R_{cd} - R_{jc} \quad R_{da2} = 9.999 \frac{C^{\circ}}{W}$$

# Escolha dos dissipadores

**Código : HS 1616**

Dimensões aproximadas: 16 x 16 mm

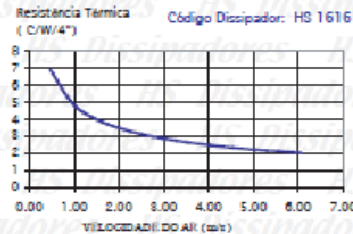
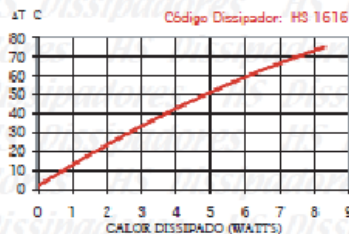
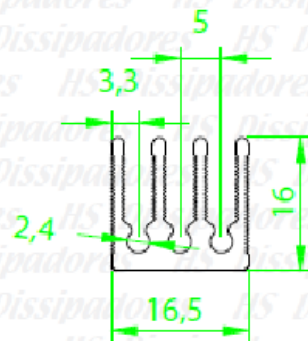
Perímetro: 172 mm

Resistência Térmica: 8,98 °C / W / 4"

- retornar ao índice com desenhos
- visualizar perfis similares



ESCALA 1:1



# Projeto do transformador

## Dados de entrada:

$B_m := 11300$	G	Fluxo máximo para lâminas de ferro silí
$d := 4.5$	$\frac{A}{cm^2}$	Densidade de corrente
$d_{iso} := 0.003$	cm	Espessura do isolante entre enrolament

## Cálculos iniciais:

$S_o := 2 \cdot S_{s1}$	Potência total no secundário
$S_o = 46.669$	VA
$n := \frac{V_{rede\_nom}}{V_{s\_ef}}$	Relação de transformação
$n = 24.444$	

# Projeto do transformador

Estimativa da área do núcleo:

$$S_{\text{nucleo}} := \sqrt{S_o} \quad S_{\text{nucleo}} = 6.831 \quad \text{cm}^2$$

$$ac := \sqrt{S_{\text{nucleo}}} \quad ac = 2.614 \quad \text{cm}$$

a [cm]	a x c [cm x cm]	Alt. x Larg. x Comp. [cm x cm x cm]
1,6	1,6 x 1,6	4,00 x 4,8 x 3,2
1,6	1,6 x 2,2	4,00 x 4,8 x 3,8
1,6	1,6 x 2,3	4,00 x 4,8 x 3,9
1,9	1,9 x 1,9	4,75 x 5,7 x 3,8
1,9	1,9 x 2,2	4,75 x 5,7 x 4,1
2,2	2,2 x 2,2	5,50 x 6,6 x 4,4
2,2	2,2 x 3,0	5,50 x 6,6 x 5,2
2,5	2,5 x 2,5	6,25 x 7,5 x 5,0
2,9	2,9 x 2,9	7,25 x 8,7 x 5,8
3,2	2,9 x 3,8	8,00 x 9,6 x 6,7
3,2	3,2 x 3,2	8,00 x 9,6 x 6,4
3,2	3,2 x 3,8	8,00 x 9,6 x 7,0
3,2	3,2 x 5,0	8,00 x 9,6 x 8,2

$$a := 2.9 \quad \text{cm}$$

Largura da perna central do núcl

$$c := 2.9 \quad \text{cm}$$

Comprimento do núcleo

# Projeto do transformador

**Cálculo da seção geométrica do núcleo:**

$$S_g := a \cdot c \qquad S_g = 8.41 \quad \text{cm}^2$$

**Cálculo da seção magnética do núcleo:**

$$S_m := 0.9 S_g \qquad S_m = 7.569 \quad \text{cm}^2$$

**Cálculo da potência do transformador:**

$$S := \left( \frac{S_m}{7.5} \right)^2 \cdot 60 \qquad S = 61.109 \quad \text{VA}$$

# Projeto do transformador

**Cálculo do número de espiras:**

$$N_p := \text{ceil} \left( \frac{10^8 \cdot V_{\text{rede\_nom}}}{4.44 B_m \cdot S_m \cdot f} \right)$$

$$N_p = 966 \quad \text{espiras}$$

$$N_s := \text{ceil} \left( \frac{N_p}{n} \right)$$

$$N_s = 40 \quad \text{espiras}$$

# Projeto do transformador

## Cálculo das correntes (valores eficazes):

$$I_p := \frac{S}{V_{rede\_nom}}$$

$$I_p = 0.278 \text{ A}$$

$$I_s := I_{s1}$$

$$I_s = 2.593 \text{ A}$$

## Escolha da seção dos condutores:

$$s_p := \frac{I_p}{d} \cdot 10^{-2}$$

$$s_p = 6.173 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \quad \text{Fio 29 AWG}$$

$$s_s := \frac{I_s}{d} \cdot 10^{-2}$$

$$s_s = 5.762 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \quad \text{Fios 19 AWG}$$

$$\rho_{19} := 0.000353 \frac{\Omega}{\text{cm}}$$

$$A_{19} := 0.007794 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{29} := 0.003587 \frac{\Omega}{\text{cm}}$$

$$A_{29} := 0.000872 \text{ cm}^2$$

TABELA DE FIOS ESMALTADOS

AWG	Dímetro Cobre (mil)	Área Cobre (mil <sup>2</sup> )	Dímetro Isolamento (mil)	Área Isolamento (mil <sup>2</sup> )	OHMS/CM 20 °C	OHMS/CM 100 °C	AMP para 40AWG
10	0.259	0.016230	0.275	0.018172	0.000033	0.000044	23.679
11	0.231	0.014179	0.244	0.016478	0.000041	0.000055	18.788
12	0.207	0.012309	0.218	0.014989	0.000052	0.000070	14.893
13	0.183	0.010643	0.195	0.013783	0.000066	0.000088	11.858
14	0.163	0.009211	0.174	0.012800	0.000083	0.000111	9.365
15	0.145	0.008004	0.156	0.012021	0.000104	0.000140	7.297
16	0.129	0.007068	0.139	0.011407	0.000133	0.000174	5.580
17	0.115	0.006379	0.124	0.011164	0.000166	0.000222	4.671
18	0.102	0.005831	0.111	0.009785	0.000209	0.000280	3.704
19	0.091	0.005417	0.100	0.009784	0.000264	0.000353	2.937
20	0.081	0.005176	0.089	0.008244	0.000333	0.000443	2.359
21	0.072	0.004105	0.080	0.009004	0.000430	0.000561	1.847
22	0.064	0.003355	0.071	0.004013	0.000530	0.000708	1.465
23	0.057	0.002782	0.064	0.003221	0.000646	0.000892	1.142
24	0.051	0.002347	0.057	0.002564	0.000842	0.001132	0.921
25	0.045	0.001924	0.051	0.002078	0.001043	0.001419	0.731
26	0.040	0.001528	0.046	0.001671	0.001339	0.001789	0.579
27	0.036	0.001211	0.041	0.001344	0.001689	0.002326	0.459
28	0.032	0.000910	0.037	0.001083	0.002129	0.002847	0.364
29	0.029	0.000642	0.033	0.000872	0.002687	0.003587	0.290
30	0.025	0.000509	0.030	0.000792	0.003336	0.004353	0.230
31	0.023	0.000404	0.027	0.000768	0.004269	0.005704	0.182
32	0.020	0.000320	0.024	0.000499	0.005384	0.007192	0.144
33	0.018	0.000254	0.022	0.000371	0.006739	0.008970	0.114
34	0.016	0.000201	0.020	0.000300	0.008368	0.011437	0.091
35	0.014	0.000160	0.018	0.000243	0.010395	0.014423	0.072
36	0.013	0.000137	0.016	0.000197	0.013612	0.018182	0.057
37	0.011	0.000100	0.014	0.000160	0.017185	0.022921	0.044
38	0.010	0.000080	0.013	0.000130	0.021644	0.028917	0.036
39	0.009	0.000063	0.012	0.000106	0.027293	0.036444	0.028
40	0.008	0.000050	0.010	0.000086	0.034417	0.045981	0.023
41	0.007	0.000040	0.009	0.000070	0.043399	0.057992	0.018

# Projeto do transformador

## Cálculo da resistência dos enrolamentos

$$l_t := 2 \cdot a + 2 \cdot c + \frac{a \cdot \pi}{2} \qquad l_t = 16.155 \text{ cm}$$

$$R_p := N_p \cdot \rho_{29} \cdot l_t \qquad R_p = 55.979 \text{ } \Omega$$

$$R_s := N_s \cdot \rho_{19} \cdot l_t \qquad R_s = 0.228 \text{ } \Omega$$

# Projeto do transformador

**Cálculo da indutância de dispersão dos enrolamentos:**

$$L_p := \frac{0.4N_p^2}{c} \cdot \left( \frac{d_{iso}}{2} \cdot l_t + \frac{0.25a}{3} \cdot l_t \right) \cdot 10^{-2}$$

$$L_p = 5.056 \times 10^3 \quad \mu\text{H}$$

$$L_s := \frac{0.4N_s^2}{c} \cdot \left( \frac{d_{iso}}{2} \cdot l_t + \frac{0.25a}{3} \cdot l_t \right) \cdot 10^{-2}$$

$$L_s = 8.67 \quad \mu\text{H}$$

**Cálculo do fator de ocupação:**

$$F_o := \frac{0.75a^2}{A_{29}(N_p) + A_{19}(N_s)}$$

$$F_o = 5.465$$



# Limitação da corrente de carga dos capacitores

**Necessidade de limitação da corrente de partida:**

$$R_{T_s} := R_s + \frac{R_p}{n} \quad R_{T_s} = 0.322 \quad \Omega$$

$$I_{partida} := \frac{V_{s\_max} - V_D}{R_{T_s}} \quad I_{partida} = 40.4 \quad A$$

É um valor suportável pelos diodos da série 1N4002 (30 A durante meio ciclo).

Conferindo pela carga armazenada no capacitor:

$$\Delta Q = C \cdot \Delta V = I \cdot \Delta t$$

$$\Delta t := 0.7 \cdot \frac{1}{2f} \quad \Delta t = 5.833 \times 10^{-3} \quad s \quad \text{Condução de parte do semiciclo da rec}$$

$$I_{partida} := C_1 \cdot \frac{(V_{s\_max} - V_D)}{\Delta t}$$

$$I_{partida} = 36.807 \quad A$$

# Próxima aula

## **Parte 1 – Fontes lineares:**

1. Laboratório de fontes lineares.