

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Departamento Acadêmico de Eletrônica

Eletrônica Analógica I



Projeto de Fontes Lineares

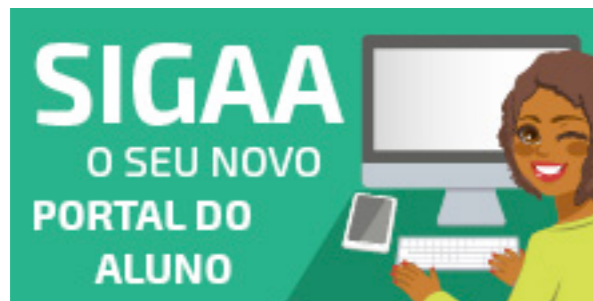
Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, novembro de 2025.

Eletrônica Analógica I

O material do curso está disponível em:

1. SIGAA para os alunos matriculados na disciplina;
2. Página do professor;
3. Canal no youtube do professor.



<https://sigaa.ifsc.edu.br>

ProfessorPetry
Conhecimento para uma vida plena

PRINCIPAL PROJETO PUBLICAÇÕES CONTATO



Bem vindo ao Website pessoal de Clovis Antonio Petry

O objetivo desta página é a divulgação de informações sobre eletrônica, em especial eletrônica de potência. Todos os materiais disponibilizados podem ser livremente utilizados, desde que citados os autores. As disciplinas do semestre corrente podem ser acessadas clicando na imagem da esquerda abaixo. Material didático pode ser encontrado clicando na imagem da direita abaixo.



Eventos

Outubro, 2020
SNCT 2020
Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2020, Florianópolis, SC.
[Acesse...](#)

Setembro, 2020
COBENGE 2020
XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e III Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, Bento Gonçalves, RS. [Acesse...](#)

www.ProfessorPetry.com.br



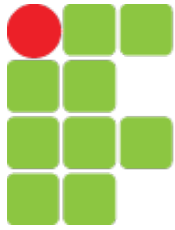
<https://www.youtube.com>

Agenda

Esta aula está organizada em:

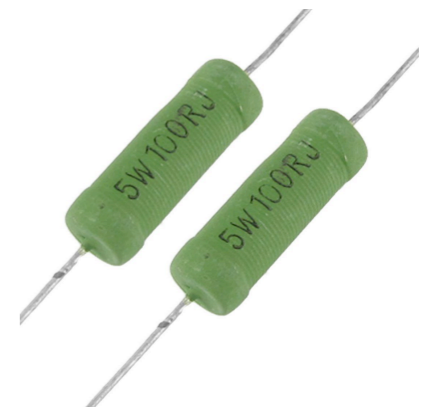
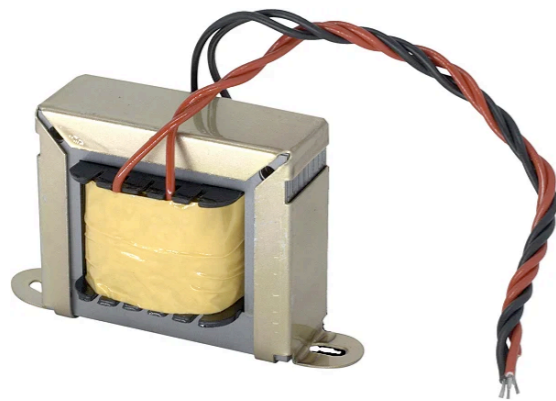
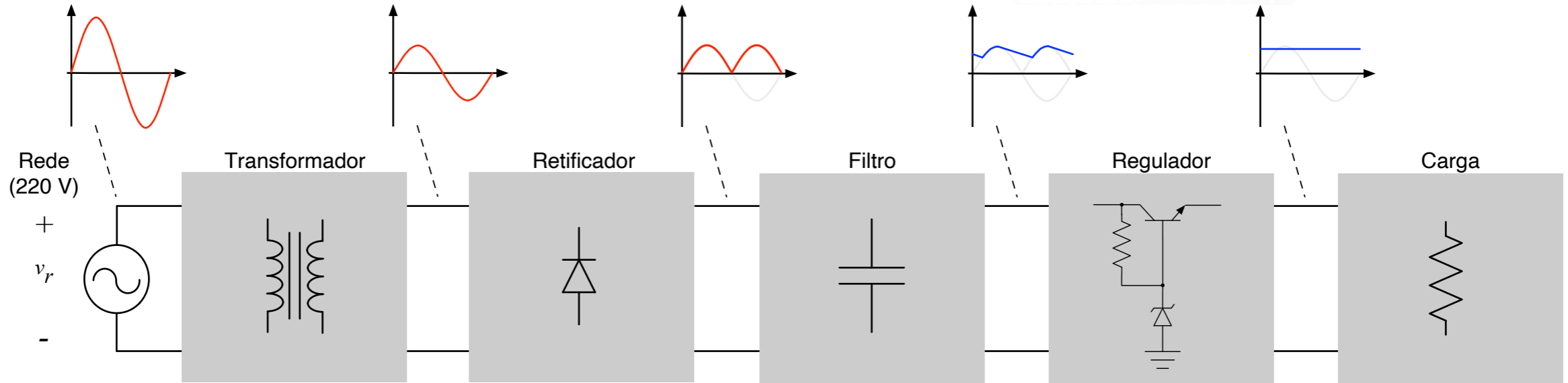
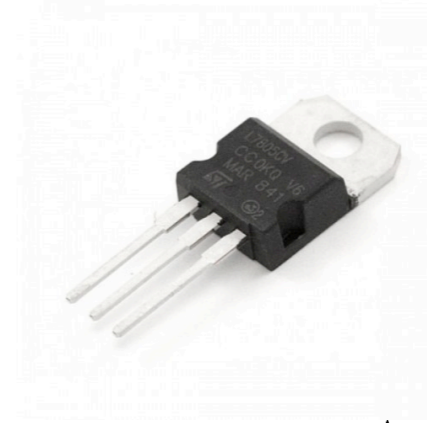
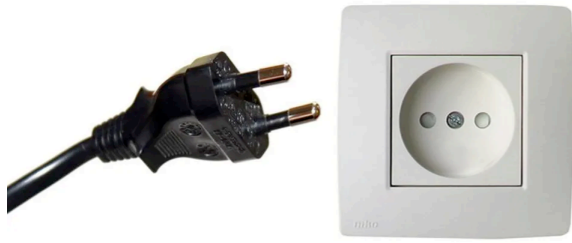
1. Introdução;
2. Etapas do projeto de uma fonte linear;
3. Exemplo de projeto de uma fonte linear.





INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

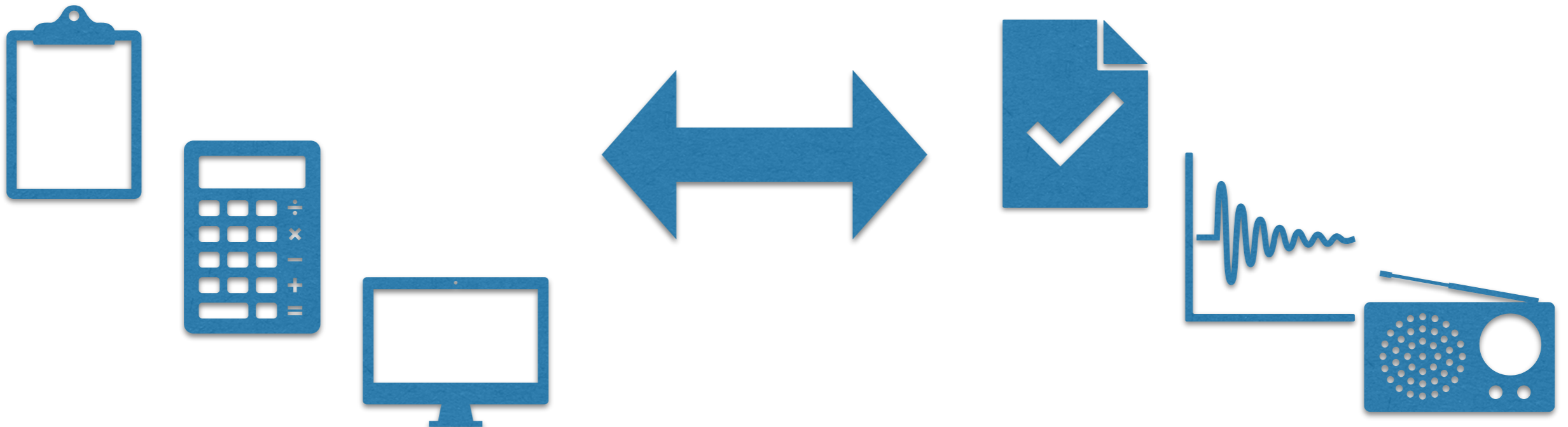
Introdução



Etapas do projeto

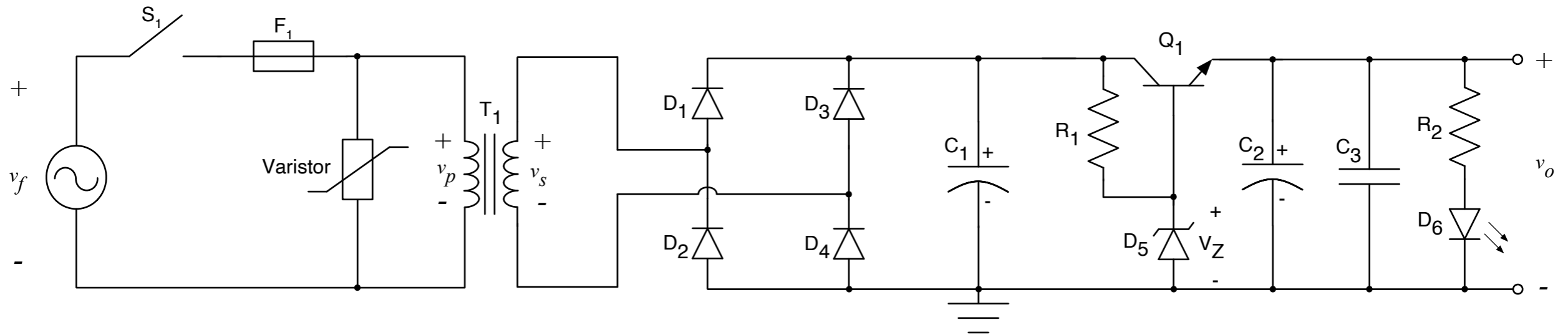
Etapas do projeto de uma fonte linear:

1. Definir as especificações da carga (V_o e $I_o > P_o$);
2. Escolher a topologia do regulador de tensão;
3. Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão;
4. Determinar o capacitor de filtro;
5. Dimensionar os diodos retificadores;
6. Dimensionar o transformador de entrada;
7. Determinar os dissipadores de calor;
8. Determinar os elementos do circuito de sinalização;
9. Dimensionar os elementos de proteção.



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Circuito a ser projetado:



Exemplo de projeto de uma fonte linear

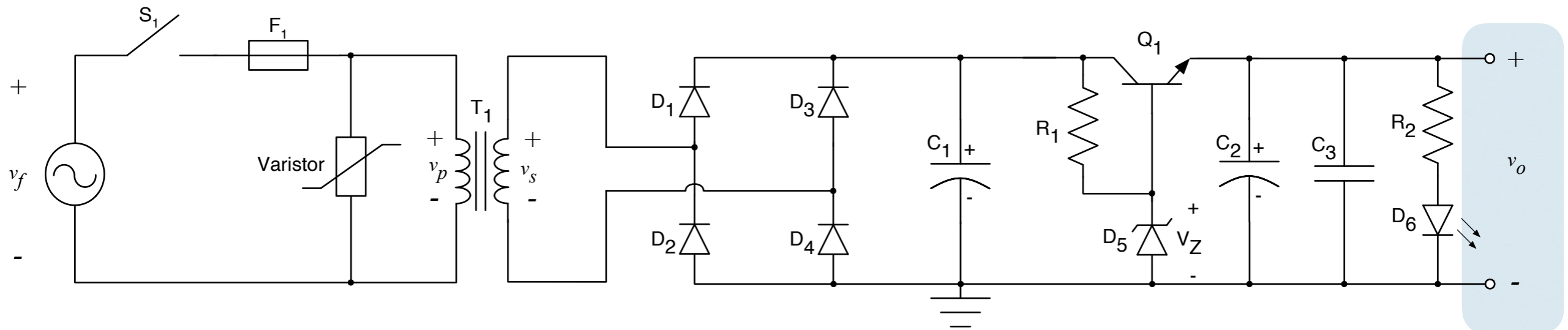
Definir as especificações da carga (V_o e $I_o > P_o$):

$$V_o = 12V$$

$$I_o = 1A$$

Assim, a potência na saída será:

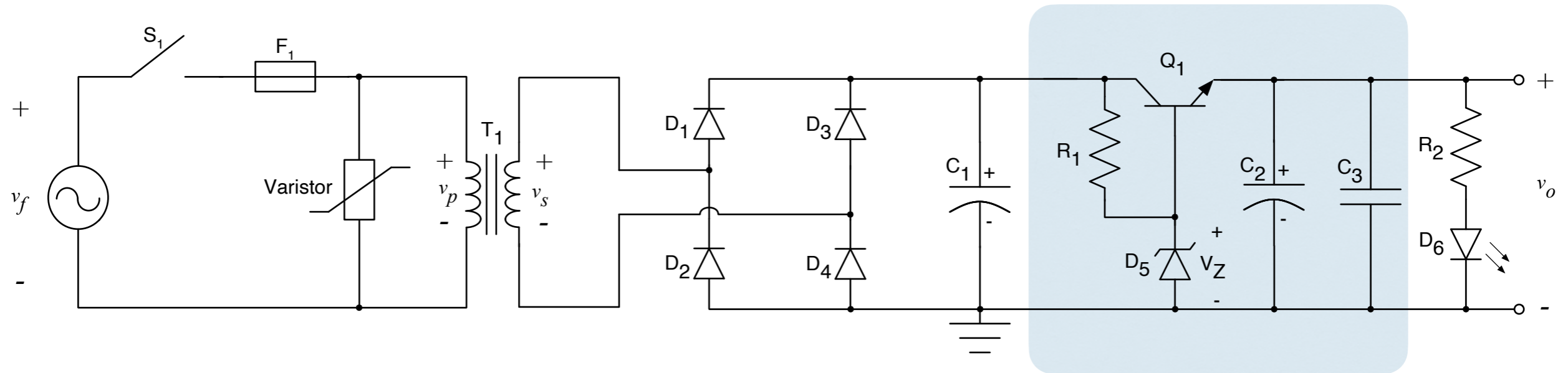
$$P_o = V_o \cdot I_o = 12 \cdot 1 = 12W$$



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Escolher a topologia do regulador de tensão:

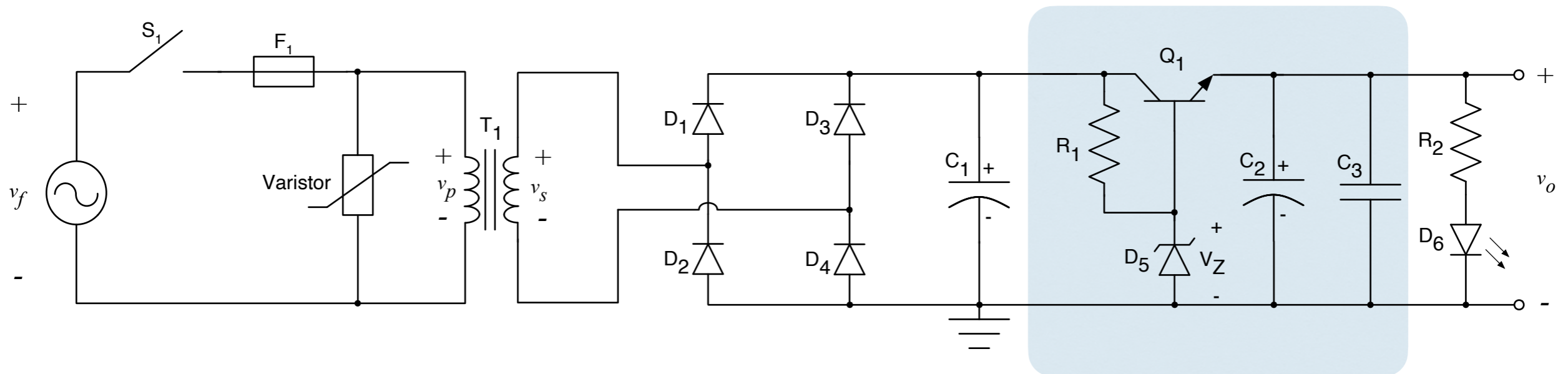
- Regulador com transistor e diodo zener.



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão:

- Diodo zener (D_5);
- Resistor série (R_1);
- Transistor de potência (Q_1).



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão:

- Diodo zener (D_5);
- Resistor série (R_1);
- Transistor de potência (Q_1).

$$V_Z = V_o + V_{BE} = 12 + 0,7 = 12,7V$$

Assim, escolhe-se o valor comercial mais próximo:

- 1N4743A, 13 V e 1 W.

$$I_C = I_o = 1A$$

$$V_{CE(O)} > 1,5 \cdot (V_o + 3) \cdot \sqrt{2} = 1,5 \cdot (12 + 3) \cdot \sqrt{2} = 31,82V$$

Assim, escolhe-se um transistor para corrente superior a 1 A e tensão superior a 32 V:

- BD135G, 45 V e 1,5 A.

O resistor R_1 será escolhido posteriormente, após o dimensionamento do transformador.

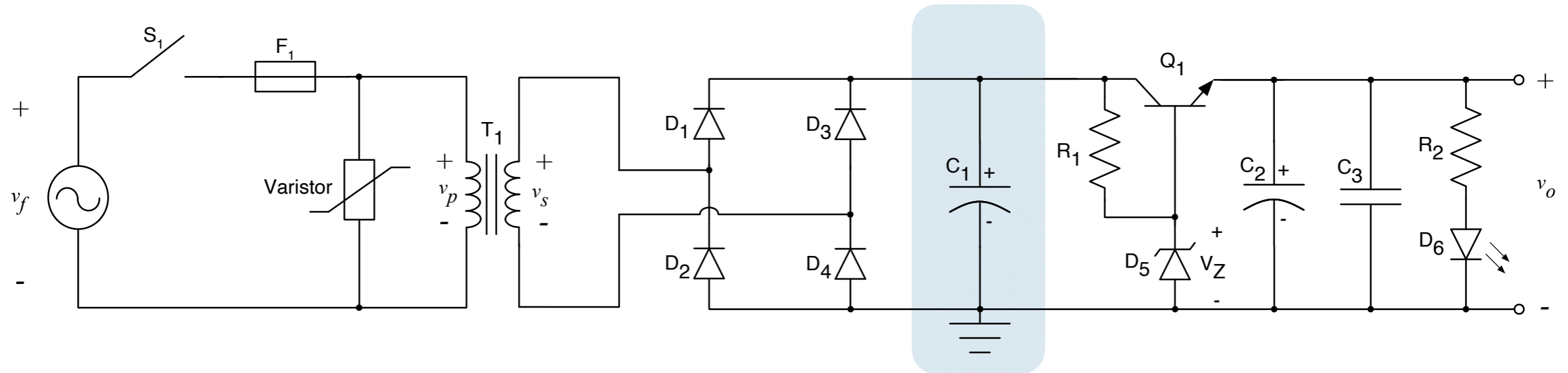
Os capacitores de filtro (para eliminar ruídos) C_2 e C_3 podem ter valores típicos, como:

- C_2 - Capacitor eletrolítico de 10 μF e 50 V;
- C_3 - Capacitor cerâmico de 100 nF e 50 V.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar o capacitor de filtro:

- Capacitor eletrolítico (C_1).



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar o capacitor de filtro:

- Capacitor eletrolítico (C_1).

$$V_{C1(min)} = V_o + 3 = 12 + 3 = 15V$$

$$\Delta V = 10\%$$

Definindo a ondulação (ripple) em função da tensão máxima, se tem:

$$V_{C1(min)} = V_{C1(max)} - \Delta V \cdot V_{C1(max)} = V_{C1(max)} \cdot (1 - \Delta V)$$

$$V_{C1(max)} = \frac{V_{C1(min)}}{1 - \Delta V} = \frac{15}{1 - 0,1} = 16,67V$$

Assim, o capacitor C_1 será:

$$P_{Q1} = V_{CE} \cdot I_C = 3 \cdot 1 = 3W$$

$$C_1 = \frac{P_o + P_{Q1}}{F_r \cdot \left(V_{C1(max)}^2 - V_{C1(min)}^2 \right)} = \frac{12 + 3}{60 \cdot (16,67^2 - 15^2)} = 0,0047F = 4700\mu F$$

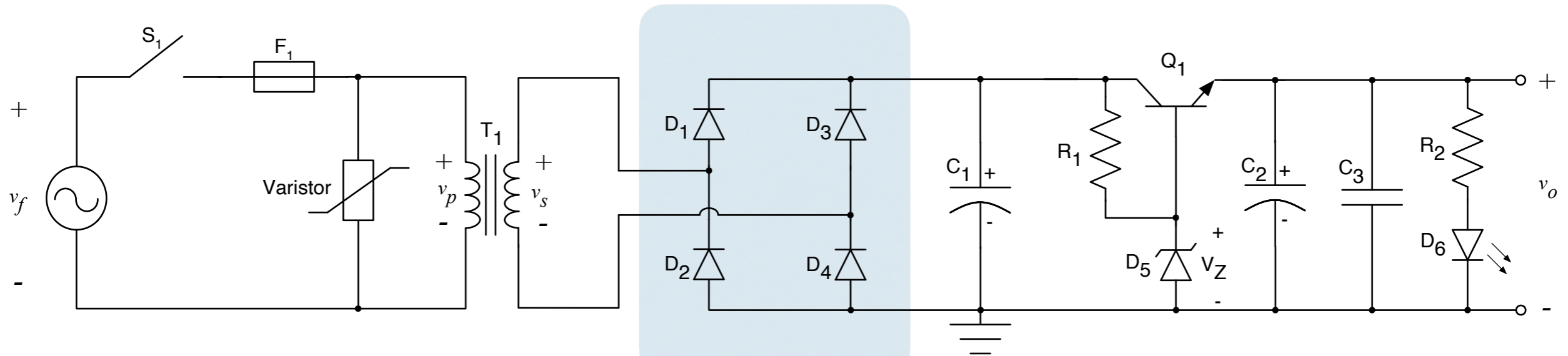
Assim, escolhe-se o valor comercial mais próximo:

- Capacitor eletrolítico de $4700 \mu F \times 50 V$.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os diodos retificadores:

- Diodos retificadores (D₁ a D₄).



$$V_{RRM} = V_{CE(O)} > 1,5 \cdot (12 + 3) \cdot \sqrt{2} = 31,82V$$

$$I_D = \frac{I_o}{2} = \frac{1}{2} = 0,5A$$

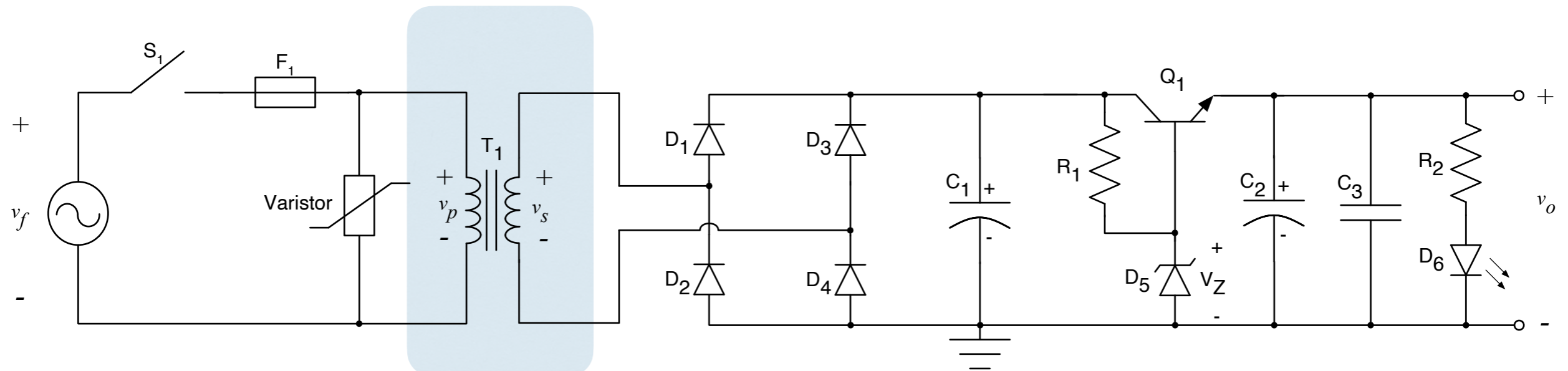
Assim, escolhe-se o valor comercial mais próximo:

- 1N4001, 50 V e 1 A.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar o capacitor de filtro:

- Dimensionar o transformador de entrada (T_1).



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar o capacitor de filtro:

- Dimensionar o transformador de entrada (T_1).

$$V_{s(min)} = V_{C1(max)} + 2 \cdot V_D = 16,67 + 2 \cdot 1,1 = 18,87V$$

$$V_s = \frac{V_{s(min)}}{\sqrt{2}} = \frac{18,87}{\sqrt{2}} = 13,34V$$

Assim, escolhe-se o valor comercial mais próximo:

- Transformador de (7,5 V + 7,5 V) ou 15 V x 2,5 ou 3 A.

$$P_{T1} = P_o + P_{Q1} + P_D$$

$$P_D = 4 \cdot V_D \cdot I_D = 4 \cdot 1,1 \cdot 0,5 = 2,2W$$

$$P_{T1} = 12 + 3 + 2,2 = 17,2W$$

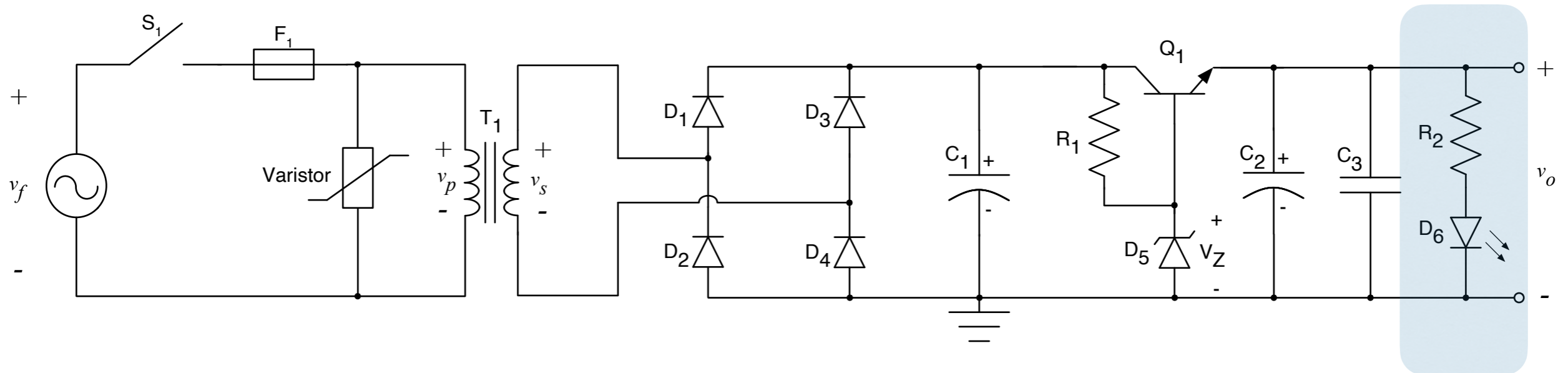
$$S_{T1} = \frac{P_{T1}}{FP} = \frac{17,2}{0,5} = 34,4VA$$

$$I_s = \frac{S_{T1}}{V_s} = \frac{34,4}{15} = 2,3A$$

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Determinar os elementos do circuito de sinalização:

- Diodo emissor de luz (D_6);
- Resistor série (R_2).



O LED (D_6) pode ser vermelho, de 5 mm.

- $V_{LED} = 2\text{ V}$ e $I_{LED} = 10\text{ mA}$.

$$R_2 = \frac{V_o - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{(13 - 0,7) - 2}{10 \cdot 10^{-3}} = 1,03\text{k}\Omega$$

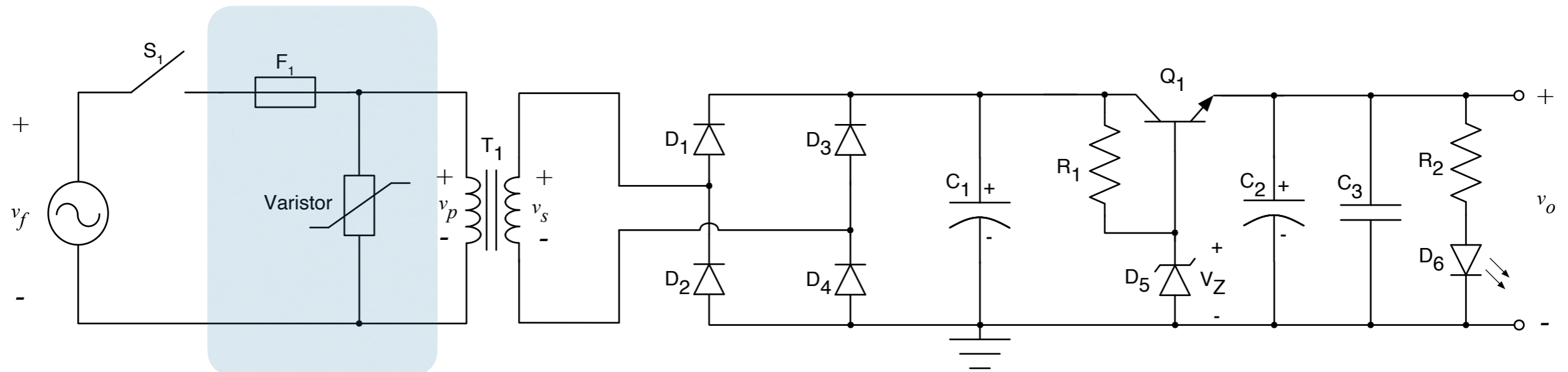
$$P_{R_2} = R_2 \cdot I_{R_2}^2 = 1\text{k} \cdot 10\text{m}^2 = 100\text{mW}$$

Pode-se usar um resistor de $1\text{ k}\Omega \times 1/4\text{ W}$.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Determinar os elementos do circuito de proteção:

- Varistor;
- Fusível (F₁).



O varistor pode ser para 250 V, modelo 20D391K.

$$R_T = \frac{V_P}{V_S} = \frac{220}{15} = 14,67$$

$$I_P = \frac{I_S}{R_T} = \frac{2,3}{14,67} \cong 157\text{mA}$$

O fusível pode ser para 500 mA.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão:

- Diodo zener (D_5);
- Resistor série (R_1);
- Transistor de potência (Q_1).

$$V_{s(max)} = \sqrt{2} \cdot V_s = \sqrt{2} \cdot 15 = 21,2V$$

$$V_{C1(max)} = V_{s(max)} - 2 \cdot V_D = 21,2 - 2 \cdot 1,1 = 19V$$

$$V_{C1(min)} = V_{C1(max)} - \Delta V \cdot V_{C1(max)} = 19 - 0,1 \cdot 19 = 17,1V$$

$$I_{D5(max)} = \frac{P_{D5}}{V_{D5}} = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{1}{13} \cong 77mA$$

$$R_{1(min)} = \frac{V_{C1(max)} - V_Z}{I_{D5(max)}} = \frac{19 - 13}{77m} = 77,9\Omega$$

$$I_{D5(min)} = I_{Z(min)} = 0,1 \cdot I_{Z(max)} = 0,1 \cdot 77m = 7,7mA$$

$$I_{B(Q1)} = \frac{I_{C(Q1)}}{\beta_{Q1}} = \frac{1}{100} = 10mA$$

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão:

- Diodo zener (D_5);
- Resistor série (R_1);
- Transistor de potência (Q_1).

$$R_{1(max)} = \frac{V_{C1(min)} - V_Z}{I_{Z(min)} + I_{B(Q1)}} = \frac{17,1 - 13}{7,7m + 10m} = 231,6\Omega$$

O resistor pode ser de $120 \Omega \times 1/4 W$.

$$V_{C1(med)} = \frac{V_{C1(max)} + V_{C1(min)}}{2} = \frac{19 + 17,01}{2} = 18V$$

$$P_{R1} = \frac{(V_{R1})^2}{R_1} = \frac{(V_{C1(med)} - V_Z)^2}{R_1} = \frac{(18 - 13)^2}{120} = 208,3mW$$

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Dimensionar os componentes do circuito regulador de tensão:

- Diodo zener (D_5);
- Resistor série (R_1);
- Transistor de potência (Q_1).

$$P_{Q1} = V_{CE} \cdot I_C = \left(V_{C1(\text{med})} - V_o \right) \cdot I_o = (18 - 12,3) \cdot 1 = 5,7W$$

$$T_j = T_a + R_{ja} \cdot P_{Q1} = 30 + 100 \cdot 5,7 = 600^\circ C$$

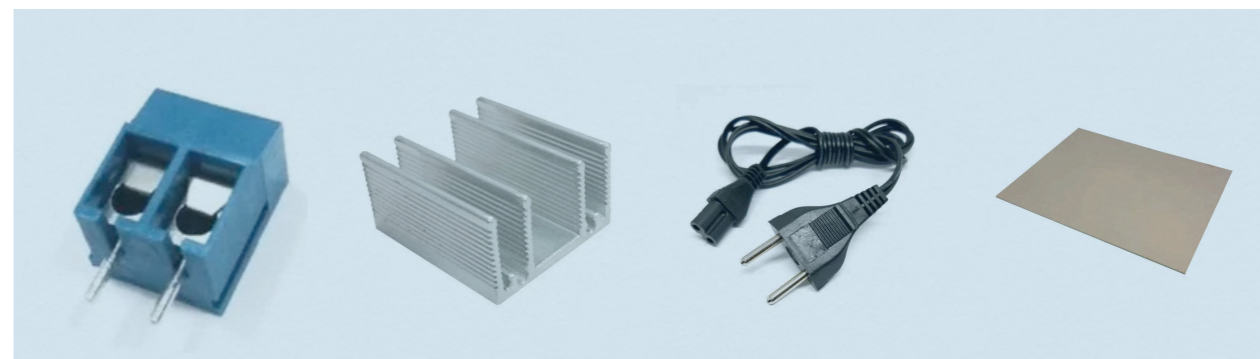
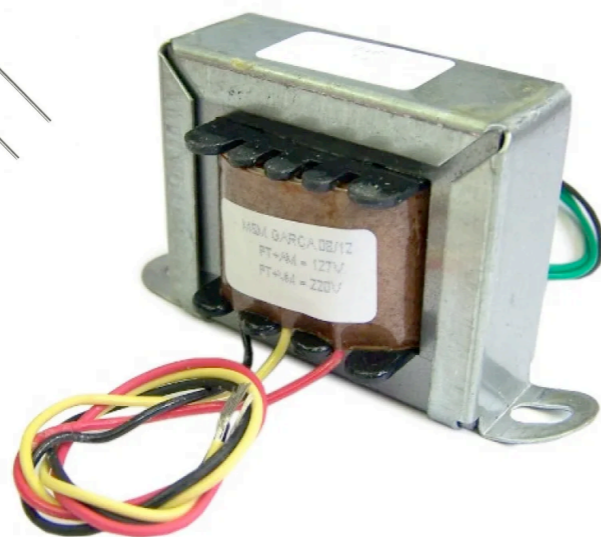
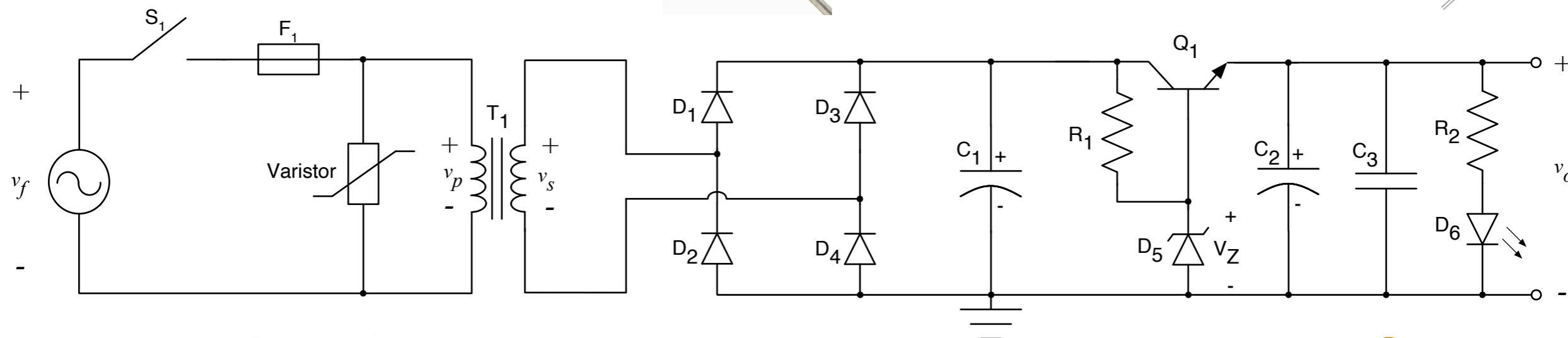
$$R_{ja} = \frac{T_j - T_a}{P_{Q1}} = \frac{150 - 30}{5,7} = 21,05^\circ C/W$$

$$R_{da} = R_{ja} - R_{jc} - R_{cd} = 21,05 - 10 - 1 = 10,05^\circ C/W$$

A escolha do transistor com encapsulamento de plástico poderia ser revista, visando melhorar o projeto realizado.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Componentes escolhidos:



Exemplo de projeto de uma fonte linear

Tabela de custo:

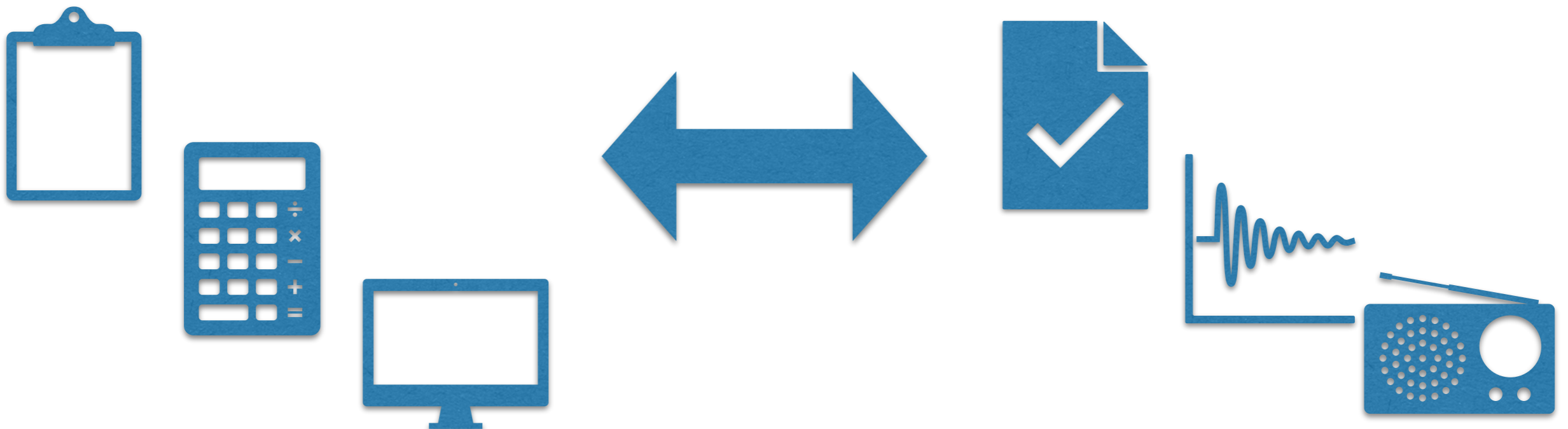
Número	Componente	Identificação	Valor
1	Diodo emissor de luz (LED)	D ₆	R\$ 0,19
2	Resistores de 1/4 W	R ₁ e R ₂	R\$ 0,2
3	Capacitor cerâmico de 100 nF	C ₃	R\$ 0,27
4	Capacitor eletrolítico de 10 µF x 50 V	C ₂	R\$ 0,27
5	Capacitor eletrolítico de 4700 µF x 50 V	C ₁	R\$ 11,64
6	Transistor de potência BD135	Q ₁	R\$ 1,80
7	Diodo Zener de 13 V x 1 W, 1N 4743	D ₅	R\$ 0,30
8	Diodos retificadores de 1 A x 50 V, 1N4001	D ₁ a D ₄	R\$ 0,52
9	Transformador 220 V / 15 V x 3 A	T ₁	R\$ 85,83
10	Varistor	V ₁	R\$ 4,31
11	Fusível de 500 mA	F ₁	R\$ 0,29
12	Chave liga-desliga	S ₁	R\$ 2,92
Total			R\$ 108,54

Além destes, outros componentes são necessários: cabo, placa, dissipador de calor, conectores, etc.

Exemplo de projeto de uma fonte linear

Considerações sobre o projeto realizado:

- A tensão de saída, quando utilizamos diodo zener, pode ficar um pouco diferente daquela desejada;
- Pode ser interessante utilizar transistores Darlington (alto ganho);
- É importante que o transistor tenha encapsulamento adequado para boa dissipação de calor;
- A ondulação pode ser da ordem de 15 a 25%, tipicamente em torno de 20%;
- É comum entre os profissionais da área o uso de uma regra prática, resultando em $1000 \mu\text{F}$ para cada 1 A na saída da fonte. Neste caso teríamos para C_1 a capacitância de $1000 \mu\text{F}$, o que implicaria em uma ondulação da ordem de 14%;
- A escolha do transformador é crítica, pois este elemento tem alto custo.



Próxima Aula

Desenvolvimento da fonte linear

