

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Departamento Acadêmico de Eletrônica

Eletrônica de Potência



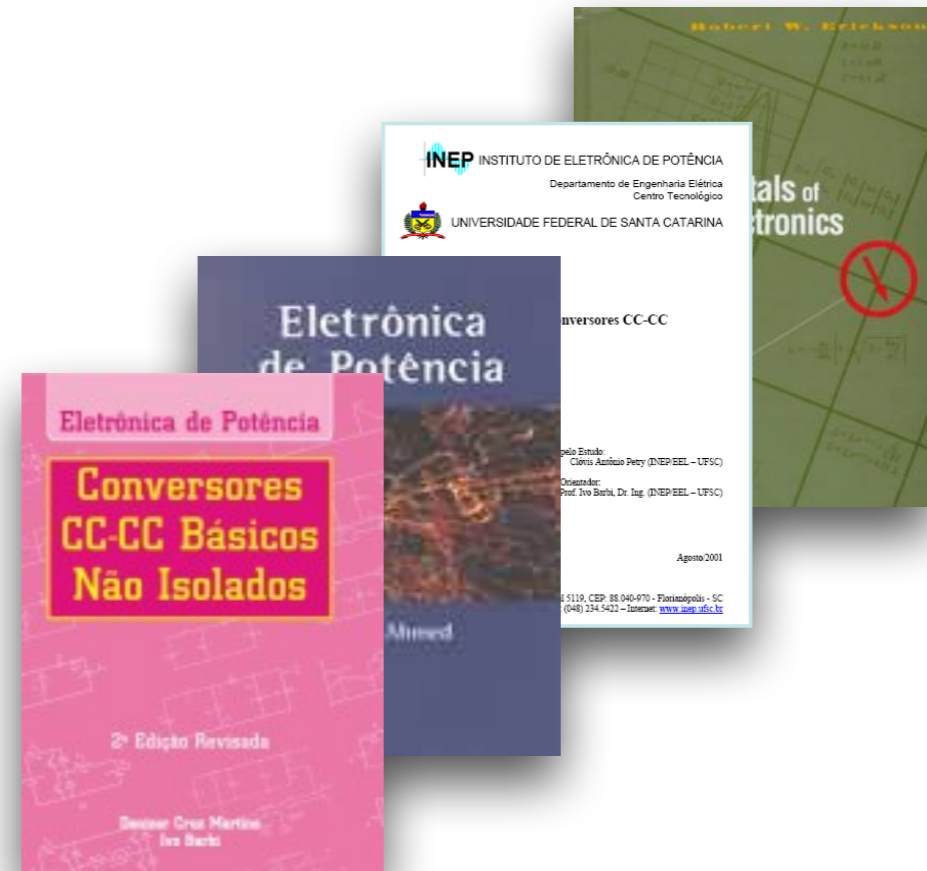
Conversores CC-CC Não-Isolados (Conversor Buck)

Prof. Clovis Antonio Petry.

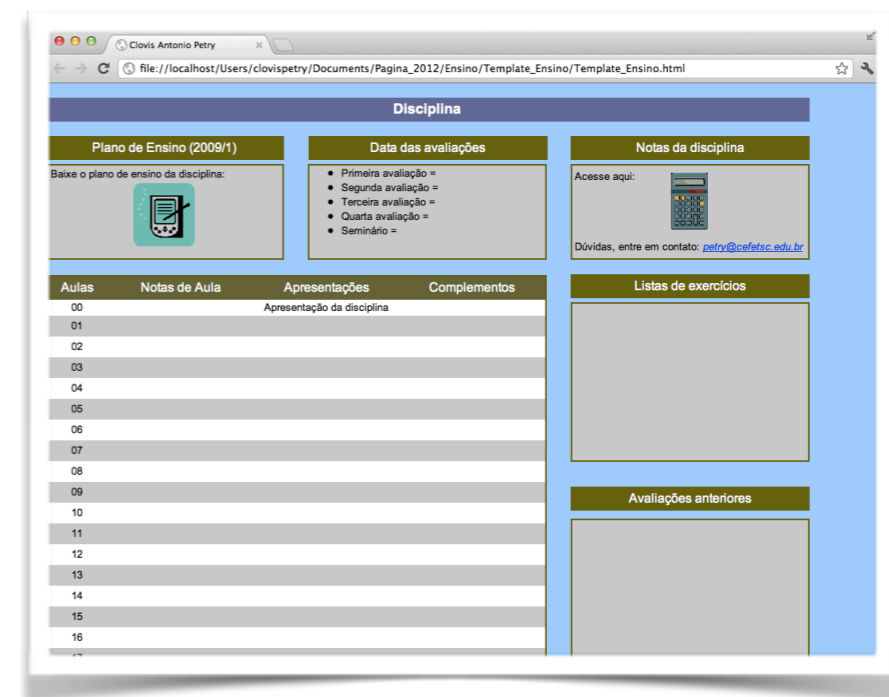
Florianópolis, março de 2015.

Capítulo 9 - Conversores cc-cc:



- Introdução aos conversores cc-cc.

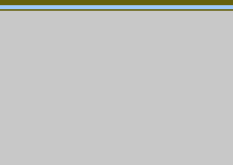
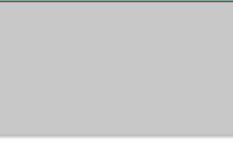


www.ProfessorPetry.com.br



A screenshot of a web browser displaying a course page for 'Disciplina'. The page is organized into several sections:

- Plano de Ensino (2009/1)**: Baixe o plano de ensino da disciplina: 
- Data das avaliações**:
 - Primeira avaliação =
 - Segunda avaliação =
 - Terceira avaliação =
 - Quarta avaliação =
 - Seminário =
- Notas da disciplina**: Acesse aqui: 
Dúvidas, entre em contato: petry@cefetsc.edu.br
- Disciplina Table**:

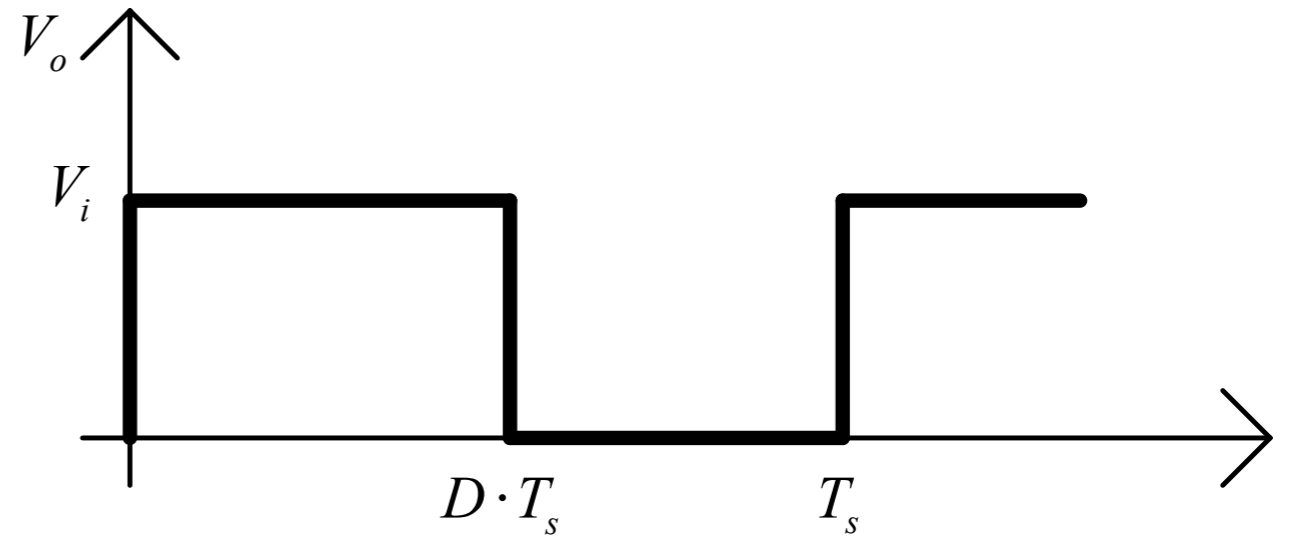
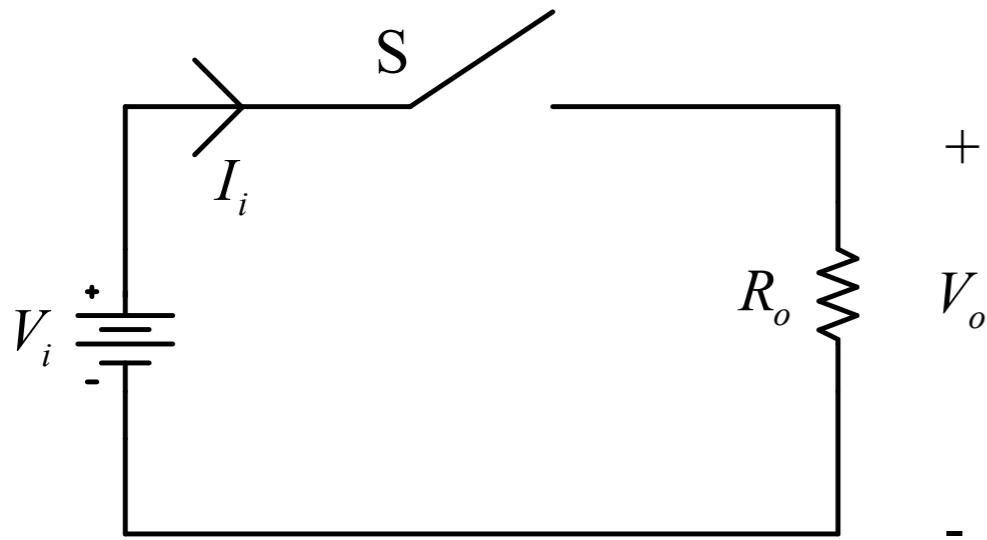
| Aulas | Notas de Aula | Apresentações | Complementos |
|-------|---------------|----------------------------|--------------|
| 00 | | Apresentação da disciplina | |
| 01 | | | |
| 02 | | | |
| 03 | | | |
| 04 | | | |
| 05 | | | |
| 06 | | | |
| 07 | | | |
| 08 | | | |
| 09 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
- Listas de exercicios**: 
- Avaliações anteriores**: 

Nesta Aula

Conversores cc-cc:

- Introdução;
- Conversor Buck;
- Exercícios.

Princípio Geral



Tensão média na saída:

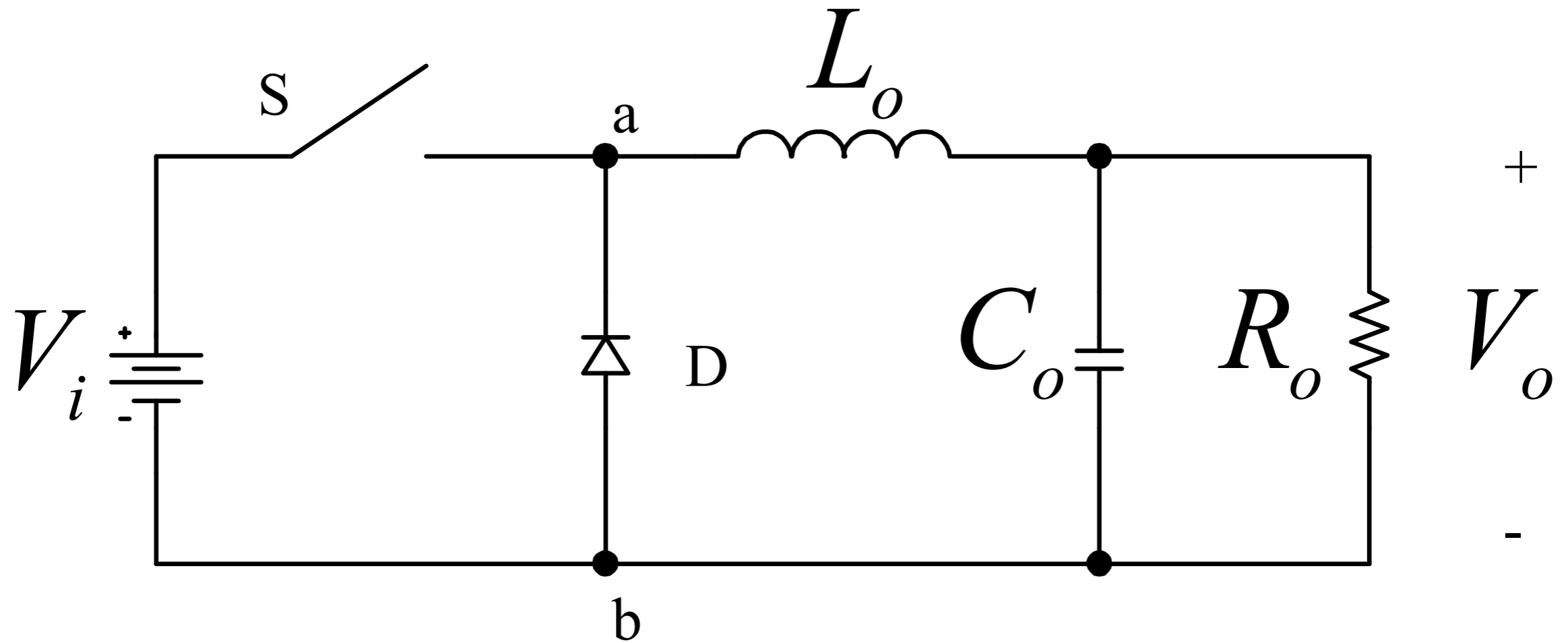
$$V_{med} = V_o = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

$$T_{on} = D \cdot T_s$$

$$V_o = D \cdot V_i$$

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$

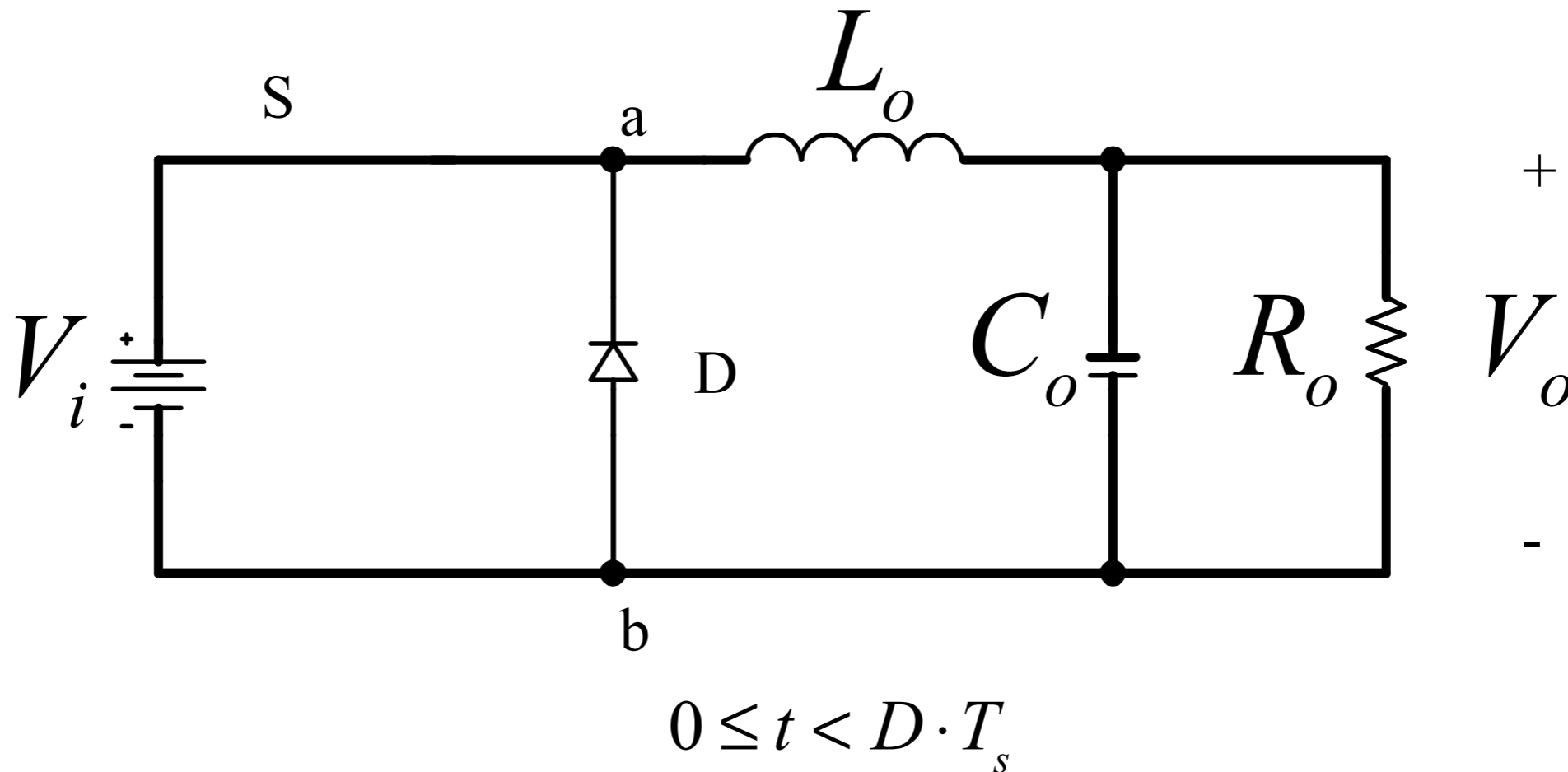
Conversor Buck



Conversor Buck

Primeira etapa de funcionamento:

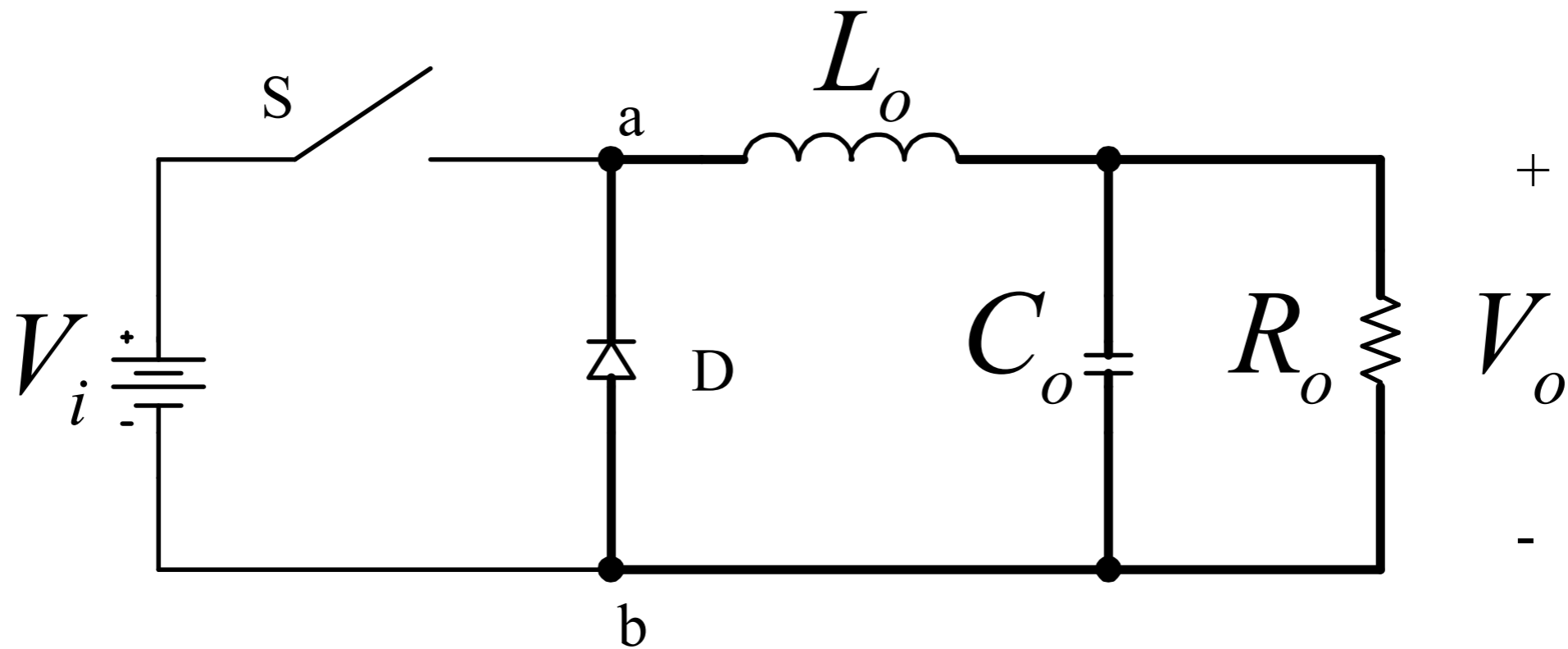
- Interruptor conduzindo;
- Diodo bloqueado;
- Energia sendo armazenada no indutor.



Conversor Buck

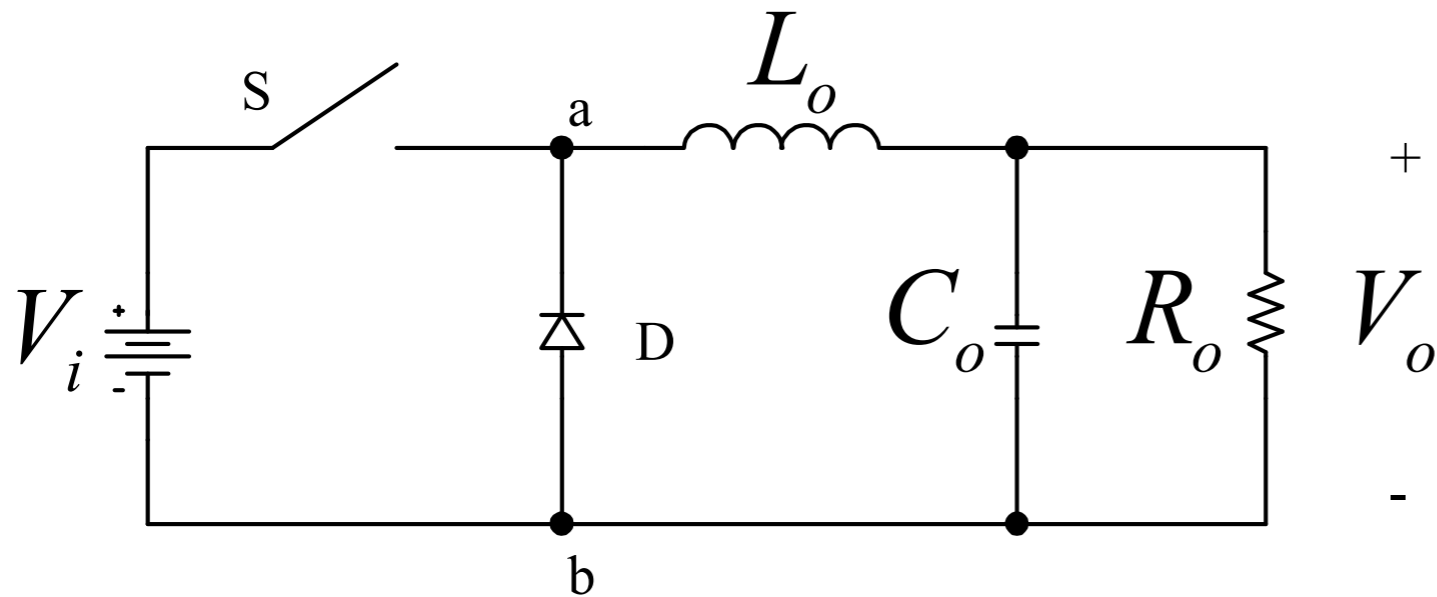
Segunda etapa de funcionamento:

- Interruptor bloqueado;
- Diodo conduzindo;
- Energia armazenada no indutor sendo transferida para saída.



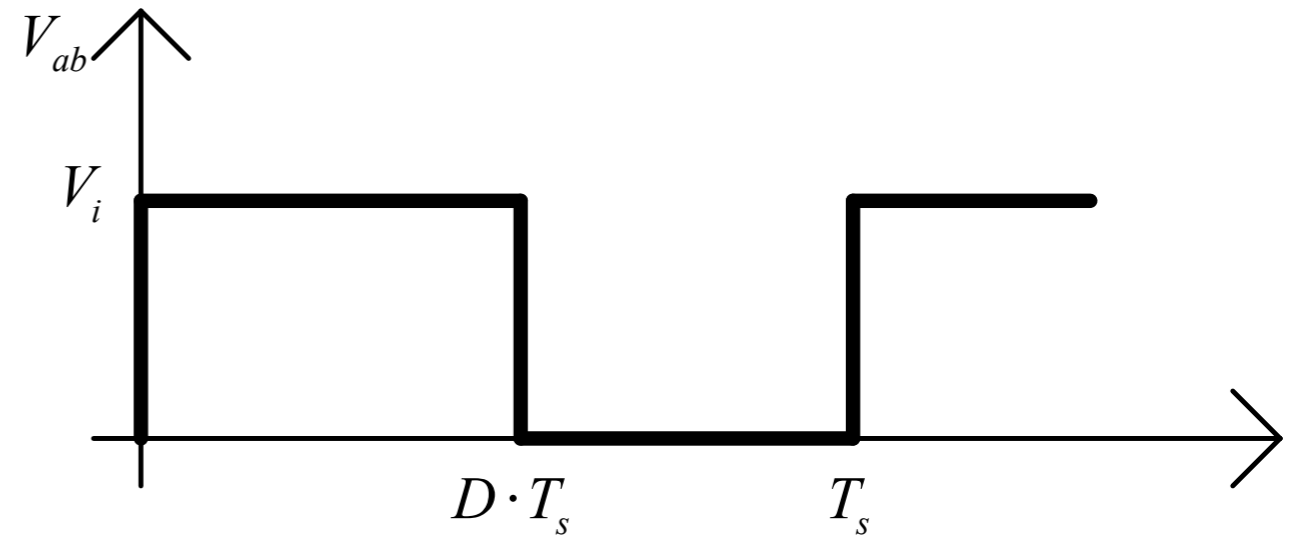
$$D \cdot T_s \leq t < T_s$$

Conversor Buck



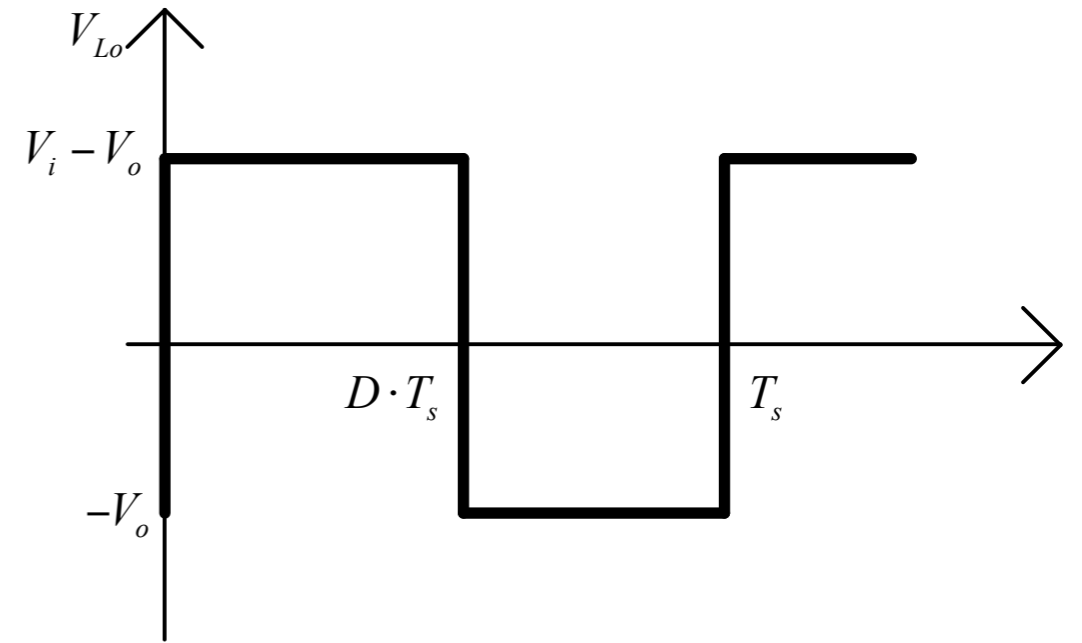
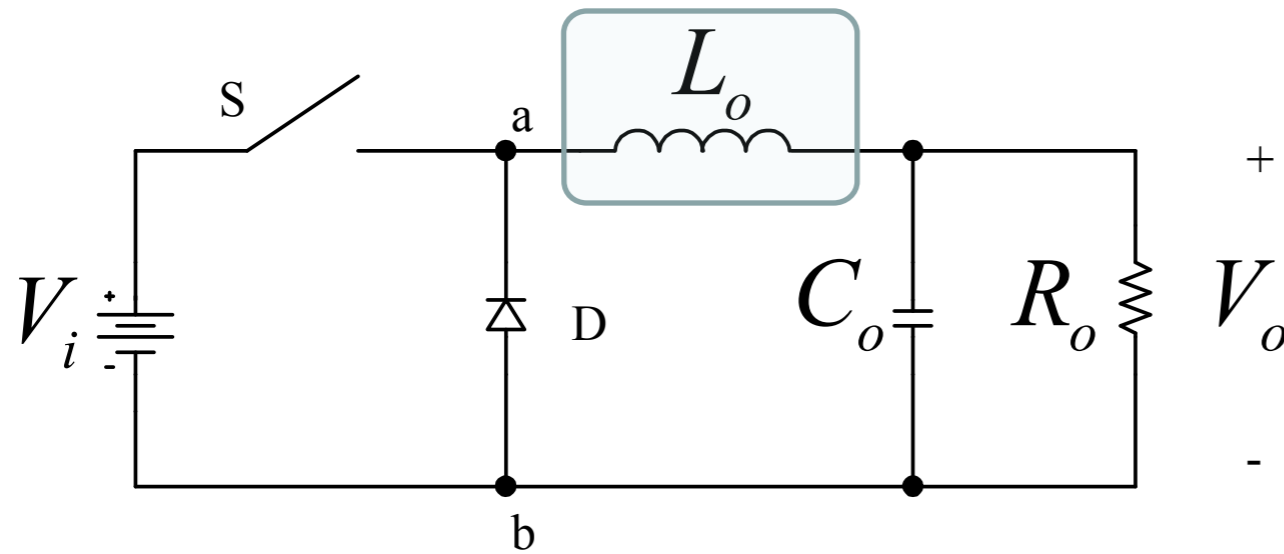
$$V_{med} = V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

$$V_{ab} = D \cdot V_i$$



Conversor Buck

Tensão média sobre o indutor:

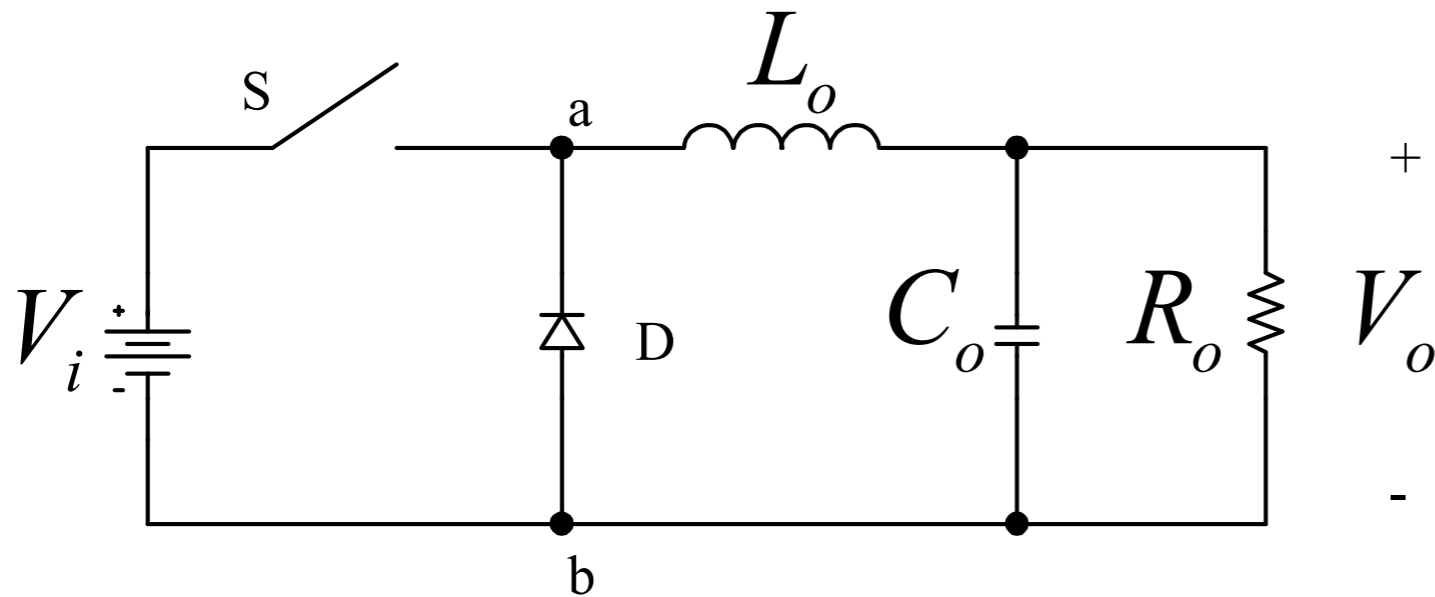


$$V_{Lo} = \frac{1}{T_s} \left[\left((V_i - V_o) \cdot D \cdot T_s \right) + \left(-V_o \cdot (T_s - D \cdot T_s) \right) \right]$$

$$V_{Lo} = \left[V_i \cdot D - V_o \cdot D - V_o + V_o \cdot D \right]$$

$$V_{Lo} = 0$$

Conversor Buck



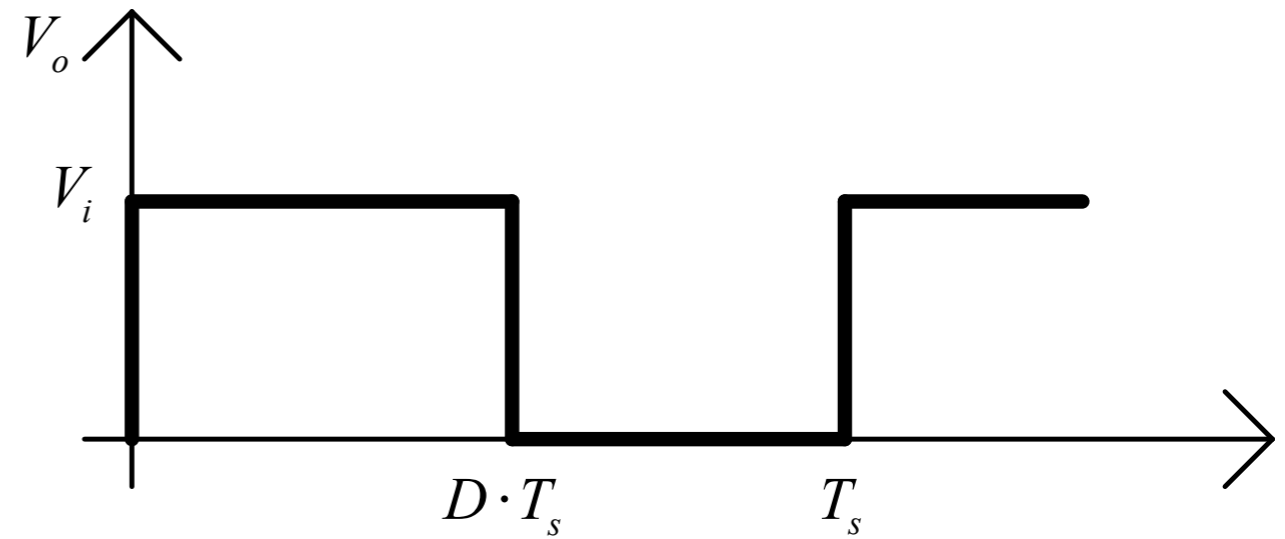
$$V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s] = V_i \cdot \frac{T_{on}}{T_s}$$

$$V_{ab} = D \cdot V_i$$

$$V_o = V_{ab}$$

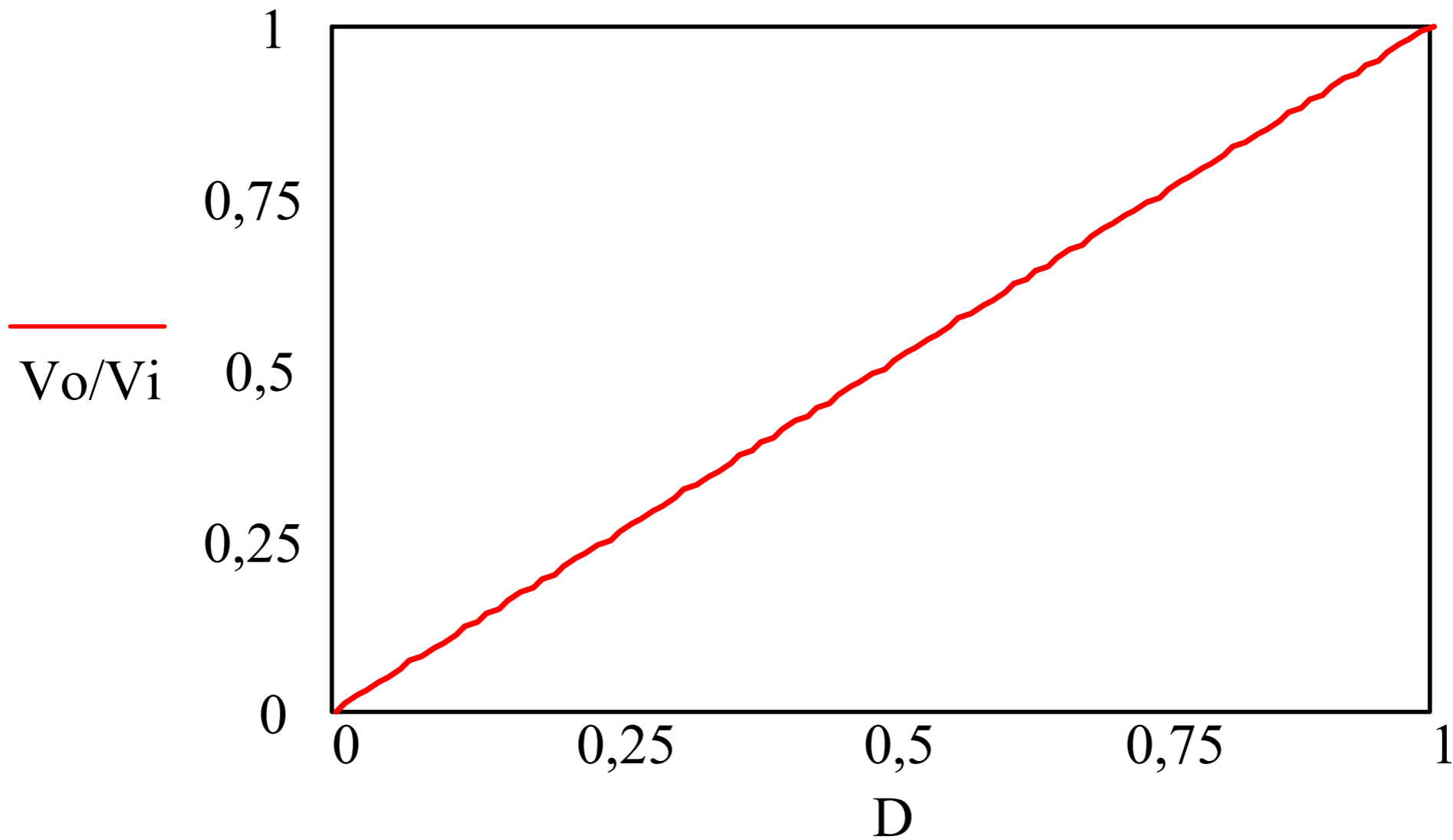
$$V_o = D \cdot V_i$$

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$



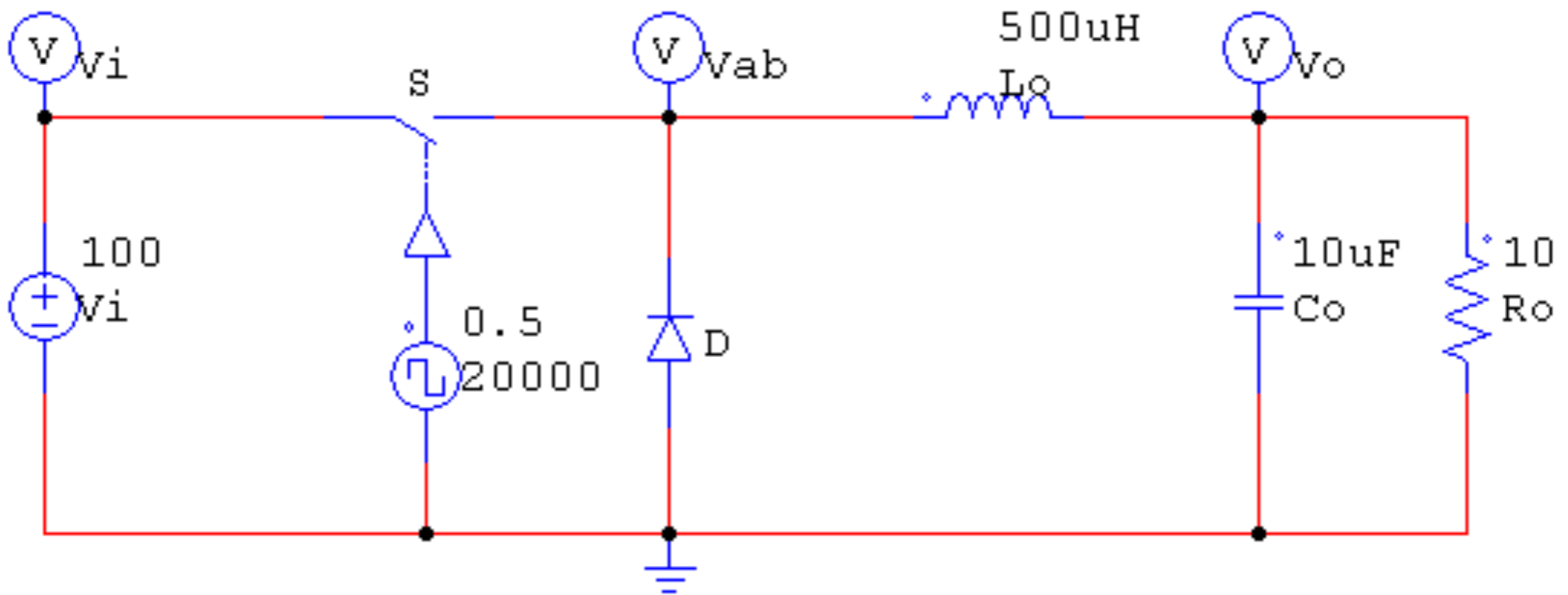
Conversor Buck

Ganho estático em função da razão cíclica:



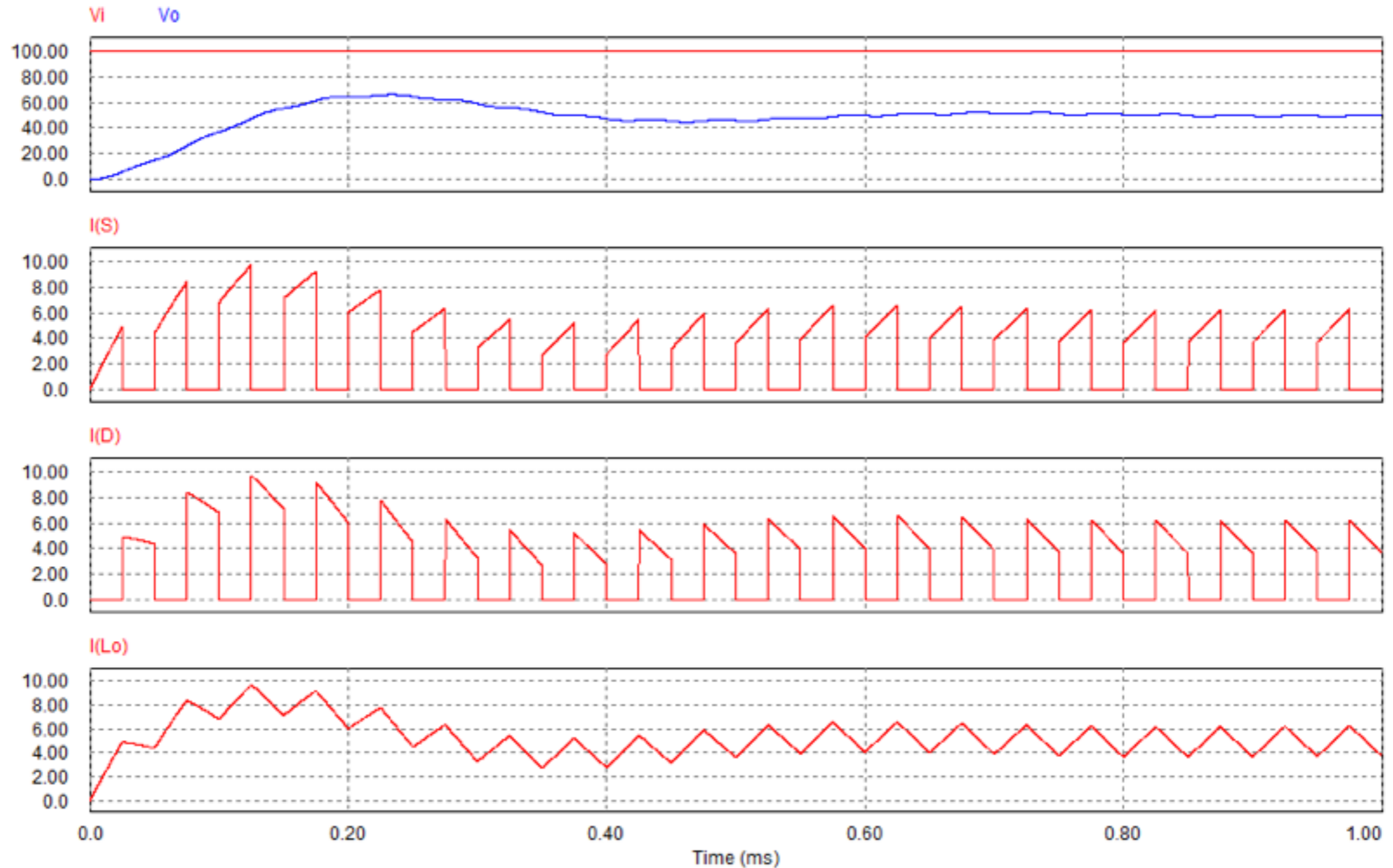
Conversor Buck

Principais formas de onda (circuito simulado):



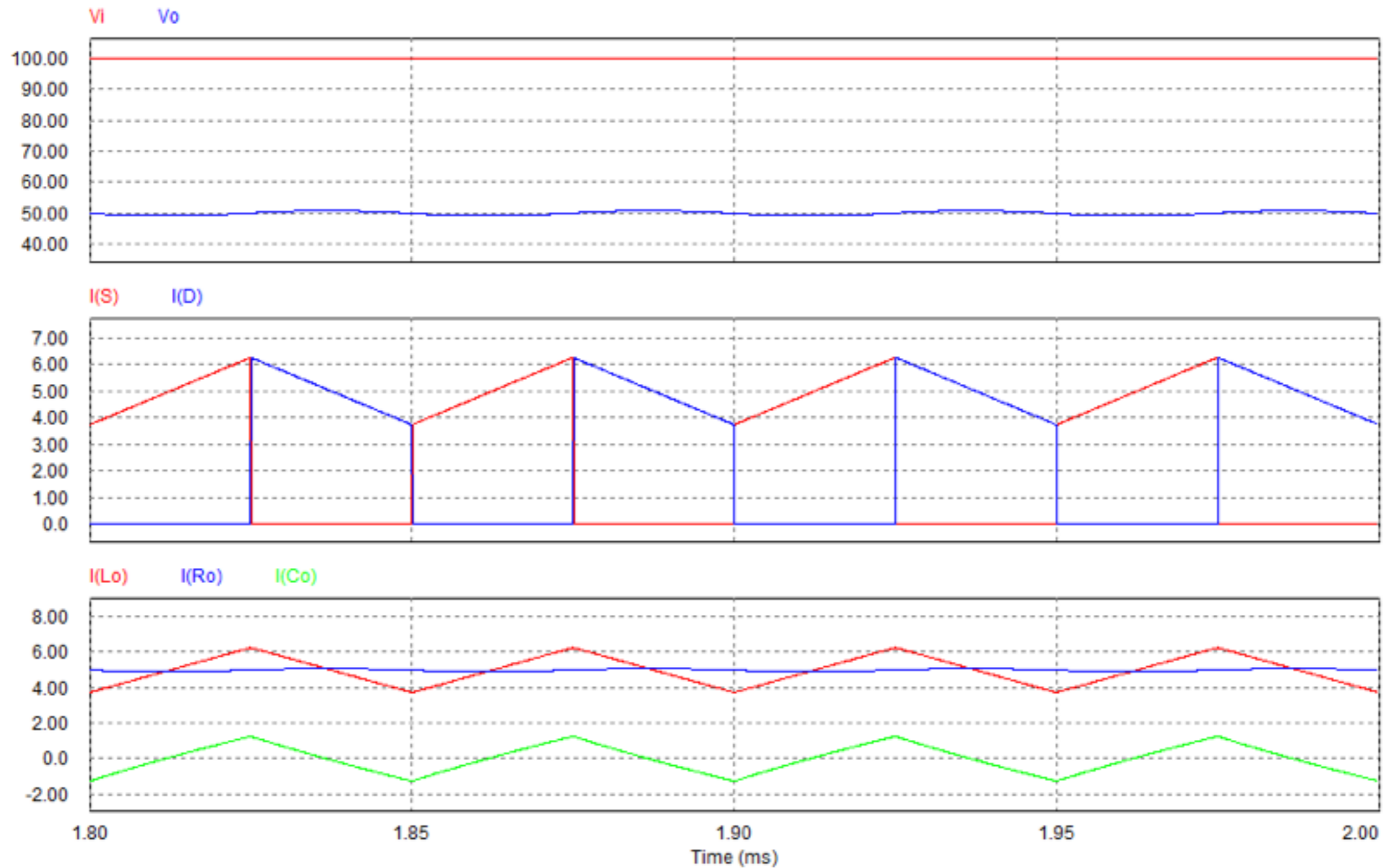
Conversor Buck

Principais formas de onda (transitório de partida):



Conversor Buck

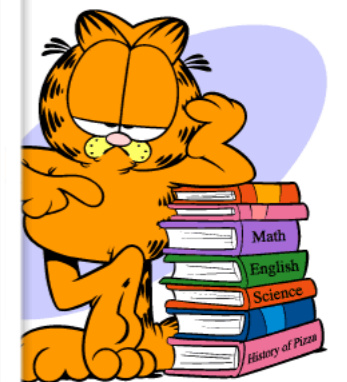
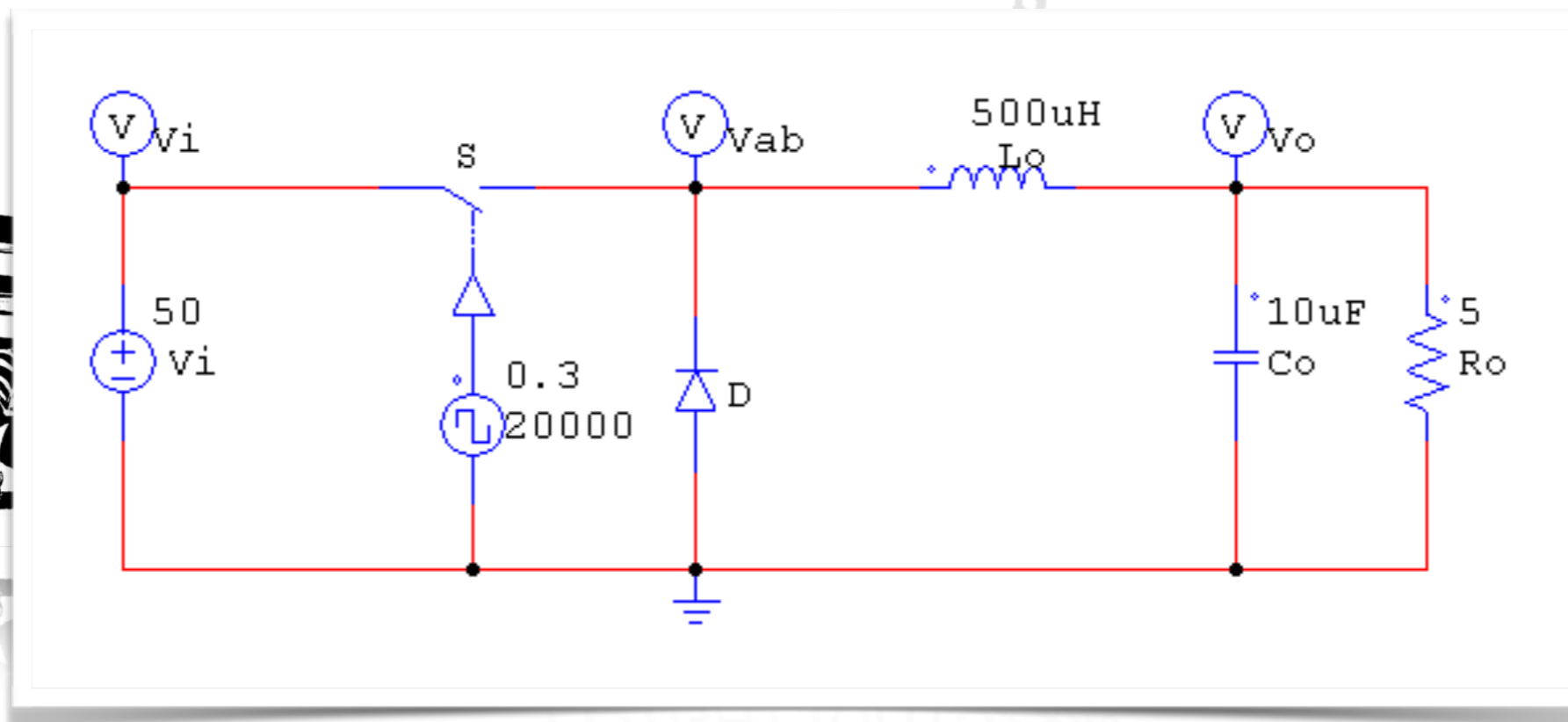
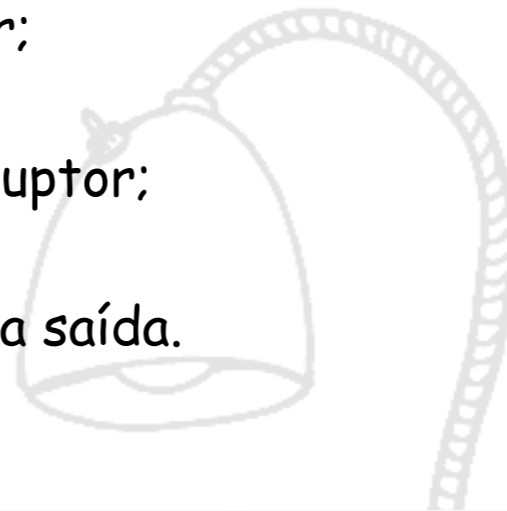
Principais formas de onda (regime permanente):



Tarefas

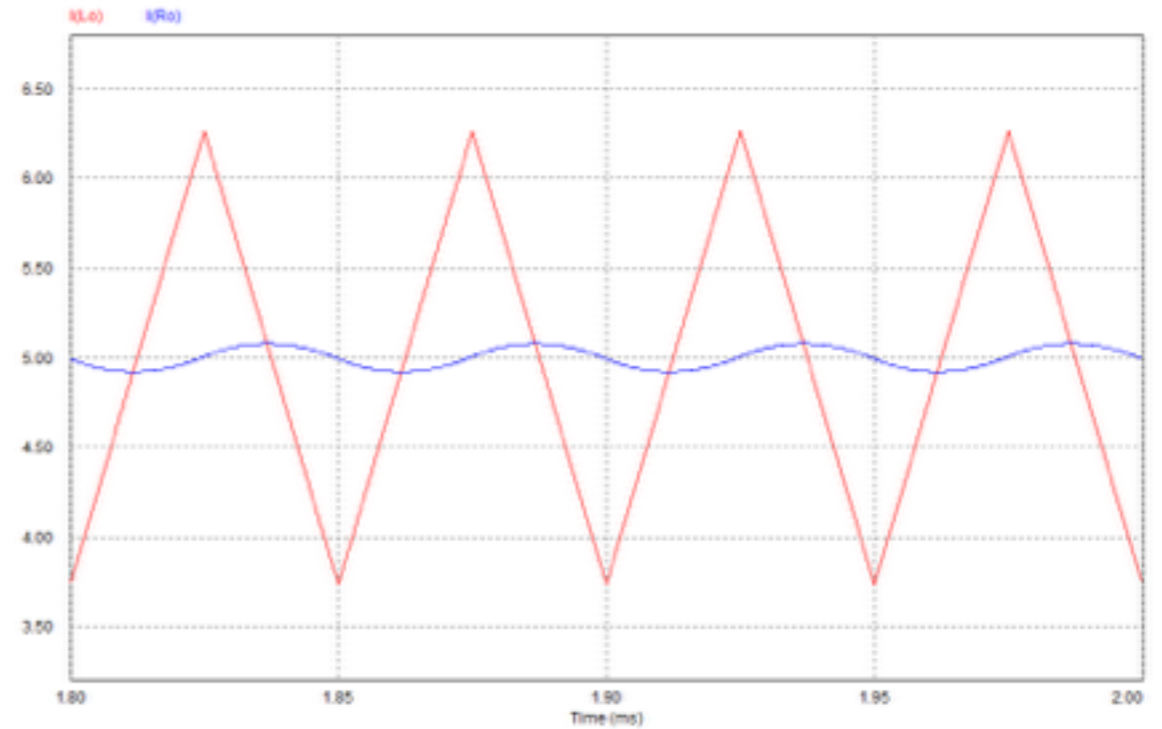
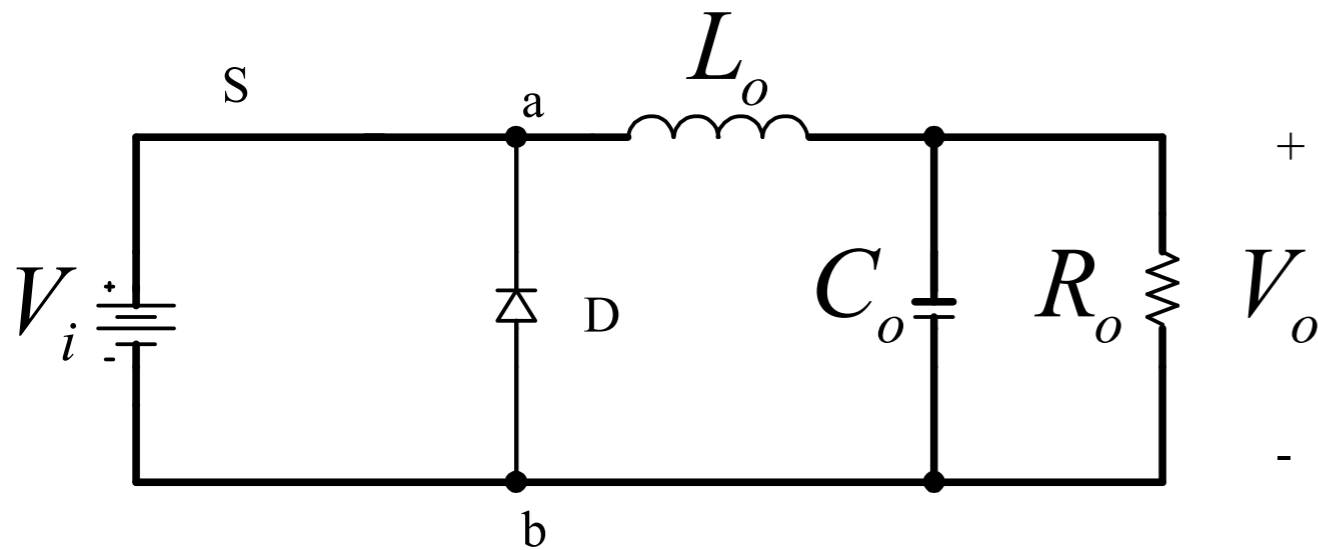
Exercício 1) Considerando o circuito abaixo determine:

- Tensão média na saída;
- Corrente média na carga;
- Corrente média no indutor;
- Corrente média no interruptor;
- Corrente média no diodo;
- Tensão máxima sobre o interruptor;
- Tensão máxima sobre o diodo;
- Potência média na entrada e na saída.



Conversor Buck

Ondulação de corrente em L_o :



$$V_{L_o} \approx L_o \frac{\Delta I_{L_o}}{\Delta T}$$

$$\Delta I_{L_o} = \frac{(V_i - V_o) \cdot D \cdot T_s}{L_o}$$

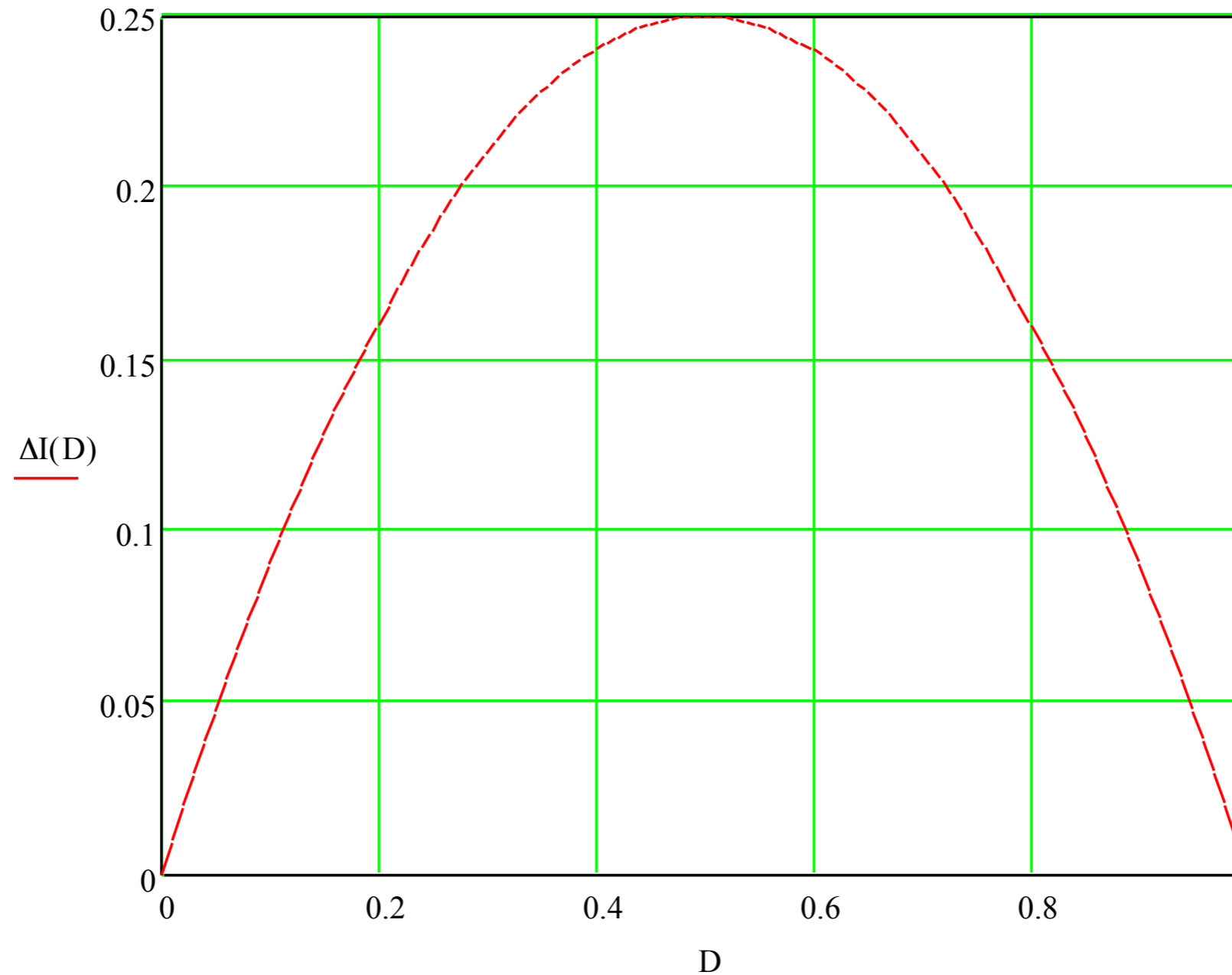
$$\Delta I_{L_o} = \frac{V_{L_o} \cdot \Delta T}{L_o}$$

$$\Delta I_{L_o} = \frac{(V_i - D \cdot V_i) \cdot D}{L_o \cdot F_s} = \frac{V_i}{L_o \cdot F_s} D \cdot (1 - D)$$

Conversor Buck

Ondulação de corrente em L_o :

$$\overline{\Delta I_{L_o}} = D \cdot (1 - D)$$



Conversor Buck

Ondulação de corrente em L_o :

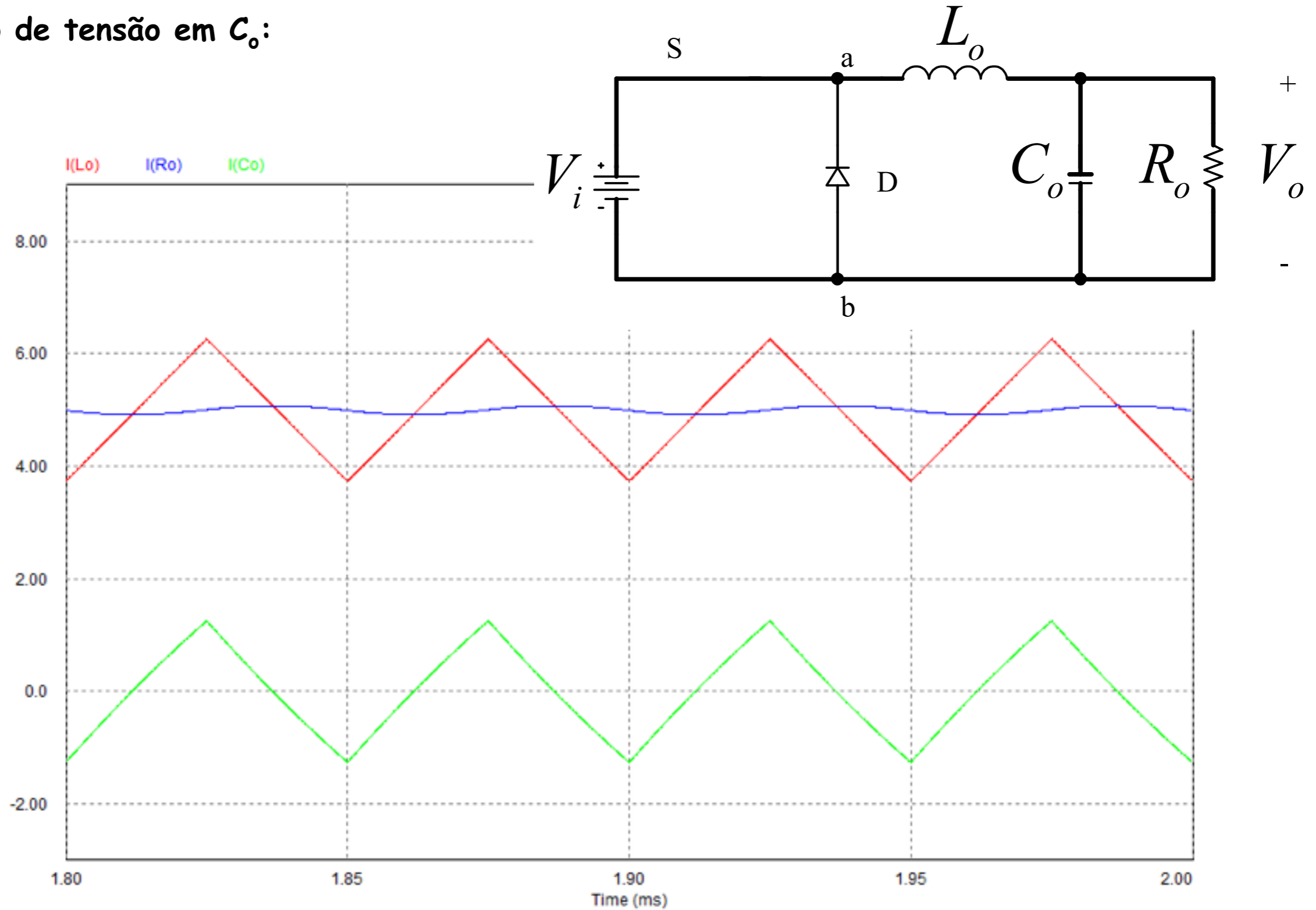
$$\Delta I_{L_o_max} = \frac{V_i}{L_o \cdot F_s} D \cdot (1 - D)$$

$$\Delta I_{L_o_max} = \frac{V_i}{L_o \cdot F_s} 0,5 \cdot (1 - 0,5)$$

$$\Delta I_{L_o_max} = \frac{V_i}{4 \cdot L_o \cdot F_s}$$

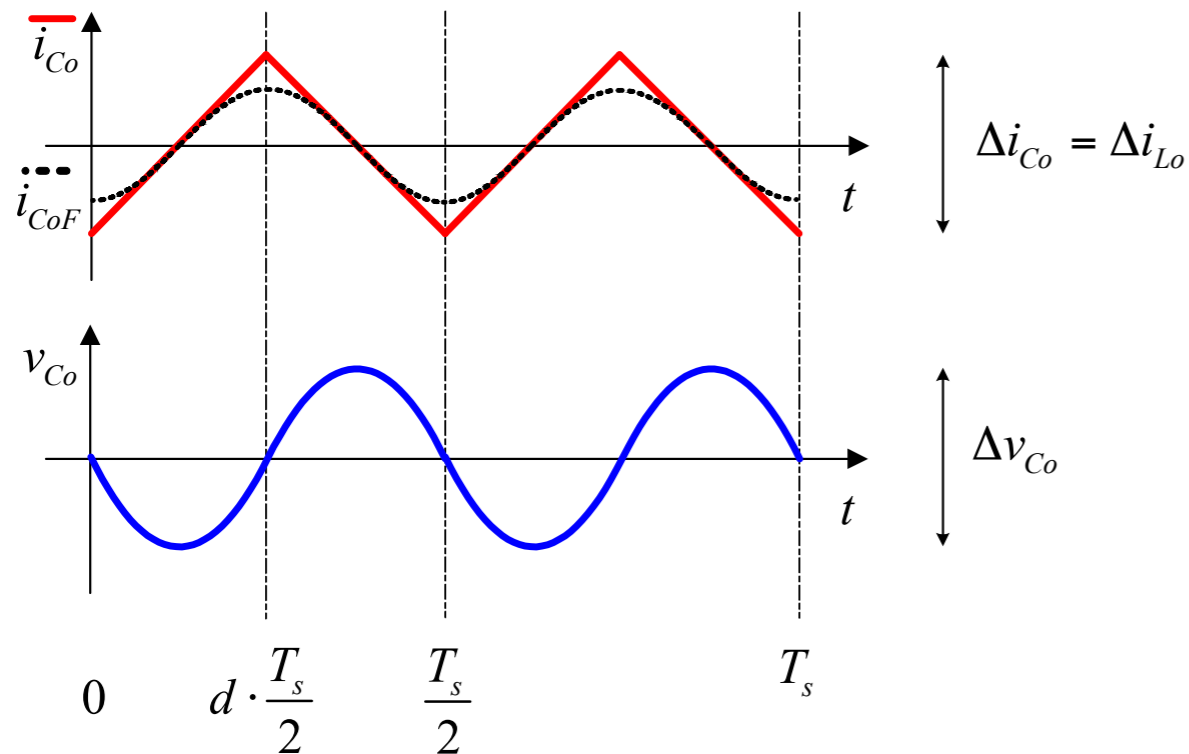
Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :



Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :

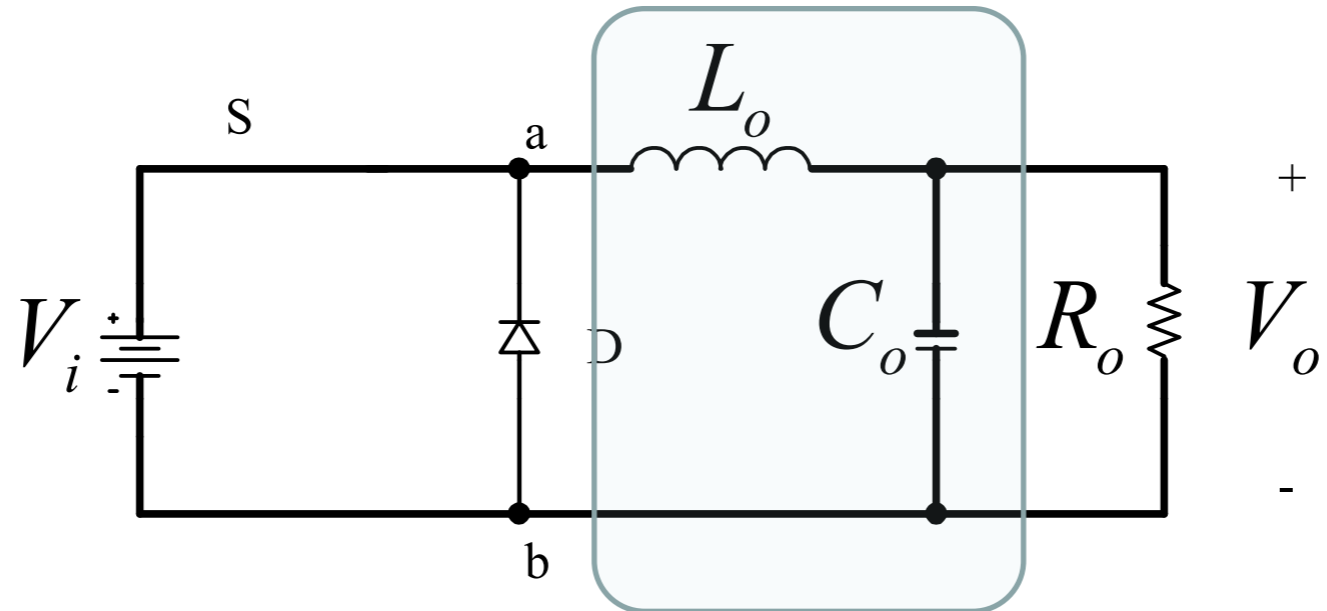


$$\Delta V_{Co_max} = \frac{V_i}{31 \cdot L_o \cdot C_o \cdot F_s^2}$$

$$C_o = \frac{V_i}{31 \cdot L_o \cdot \Delta V_{Co_max} \cdot F_s^2}$$

Conversor Buck

Filtro de saída (frequência de ressonância):

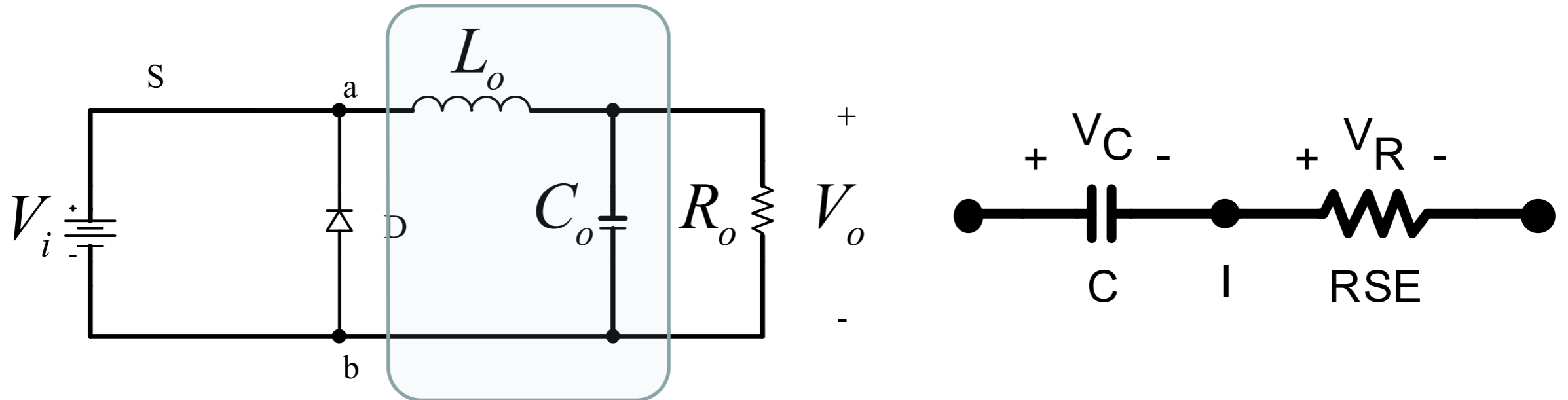


$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_o \cdot C_o}}$$

$$F_o \leq \frac{F_s}{10}$$

Conversor Buck

Filtro de saída (resistência série equivalente do capacitor):



$$\Delta V_{RSE} = \Delta I_{C_{o_max}} \cdot RSE$$

Conversor Buck

Filtro de saída (resistência série equivalente do capacitor):

Exemplo:

Calculado em função da ondulação de tensão

$$C_o = 1,25 \mu F$$

Escolhido devido a $RSE=2,47 \Omega$

$$C_o = 47 \mu F$$

Aluminum Electrolytic Capacitors - Single-ended

Number of Products 2

[Help](#)

Parameters

Search Criteria

Rated voltage (VDC)

50

Capacitance (μF)

47

Rated ripple current 120 Hz, upper cat. temp. (mA)

115

Diameter (mm)

6.3

Length (mm)

11

Upper category temperature ($^{\circ}C$)

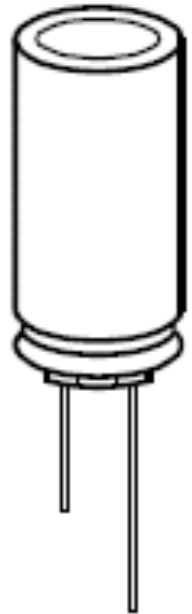
105

Useful life (at upper cat. temp.) (h)

>2000

Type

B41851



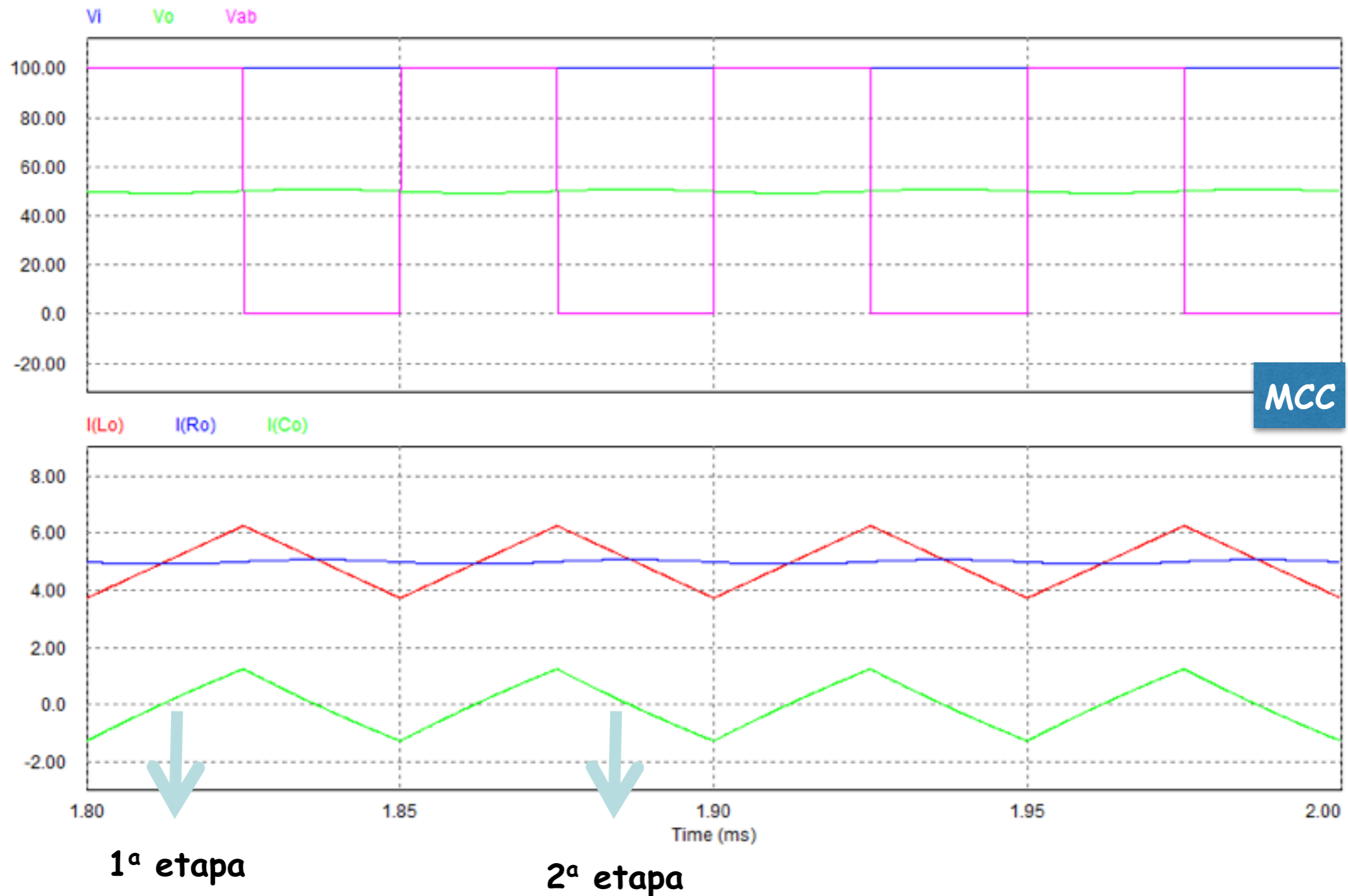
www.epcos.com

| C_R 120 Hz 20 $^{\circ}C$ μF | Case dimensions $d \times l$ mm | ESR_{max} 10 kHz -40 $^{\circ}C$ Ω | ESR_{max} 120 Hz 20 $^{\circ}C$ Ω | ESR_{max} 10 kHz 20 $^{\circ}C$ Ω | Z_{max} 100 kHz 20 $^{\circ}C$ Ω | $I_{AC,R}$ 100 kHz 125 $^{\circ}C$ mA | $I_{AC,max}$ 100 kHz 105 $^{\circ}C$ mA | Ordering code (composition see below) |
|--|--|--|---|---|--|--|--|---|
| 47 | 8 × 11.5 | 5.687 | 2.688 | 0.711 | 0.631 | 370 | 518 | B41866C6476M*** |

$V_R = 50 V DC$

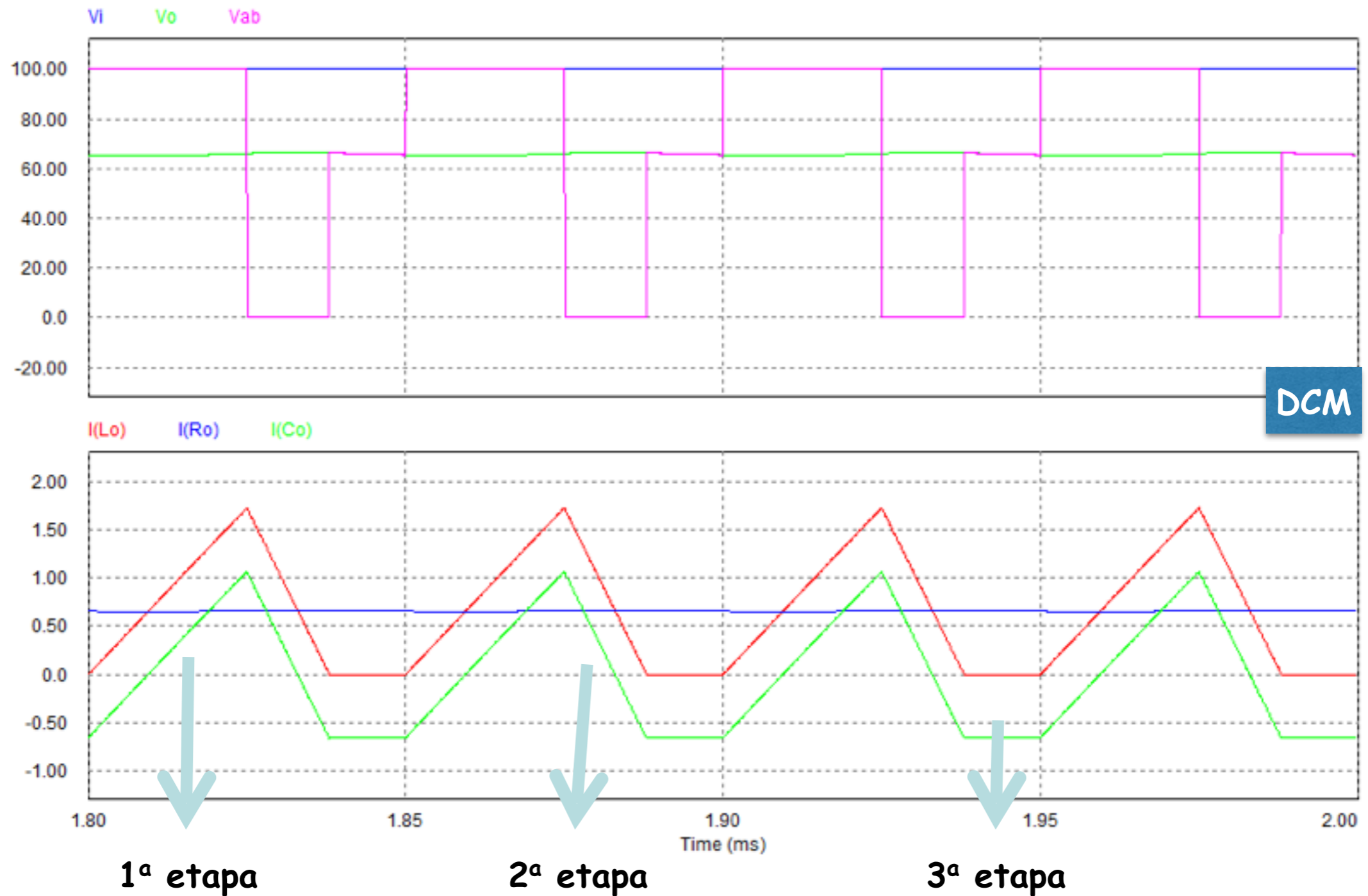
Conversor Buck

Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

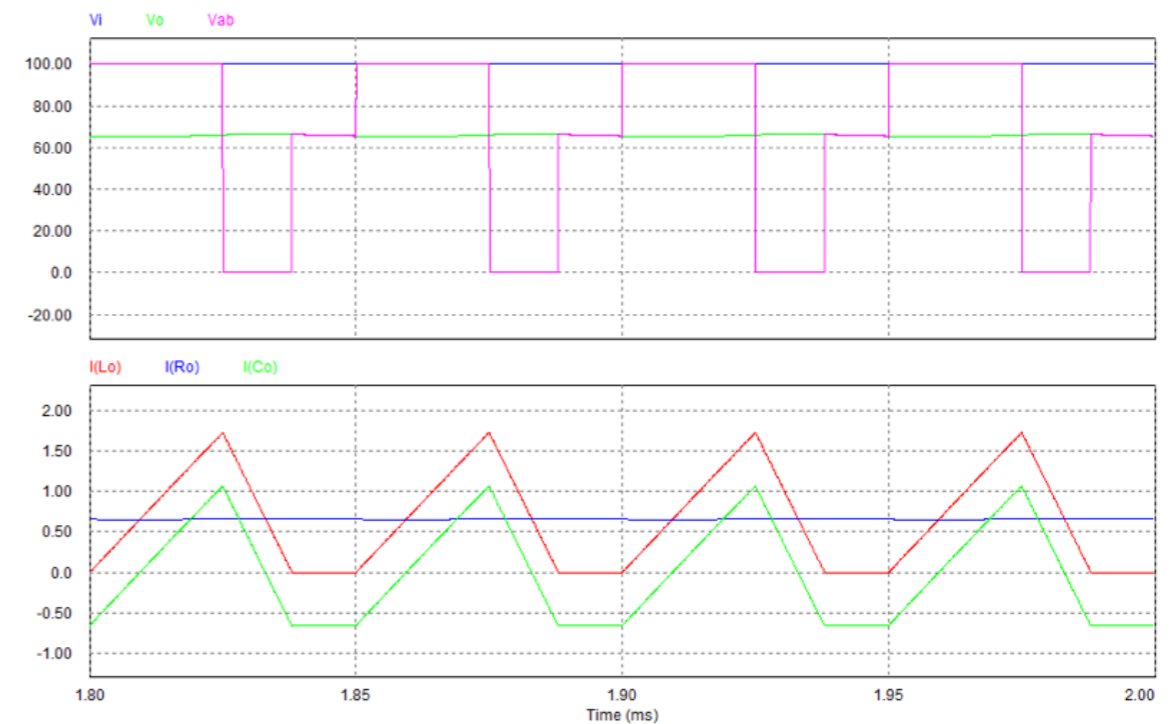
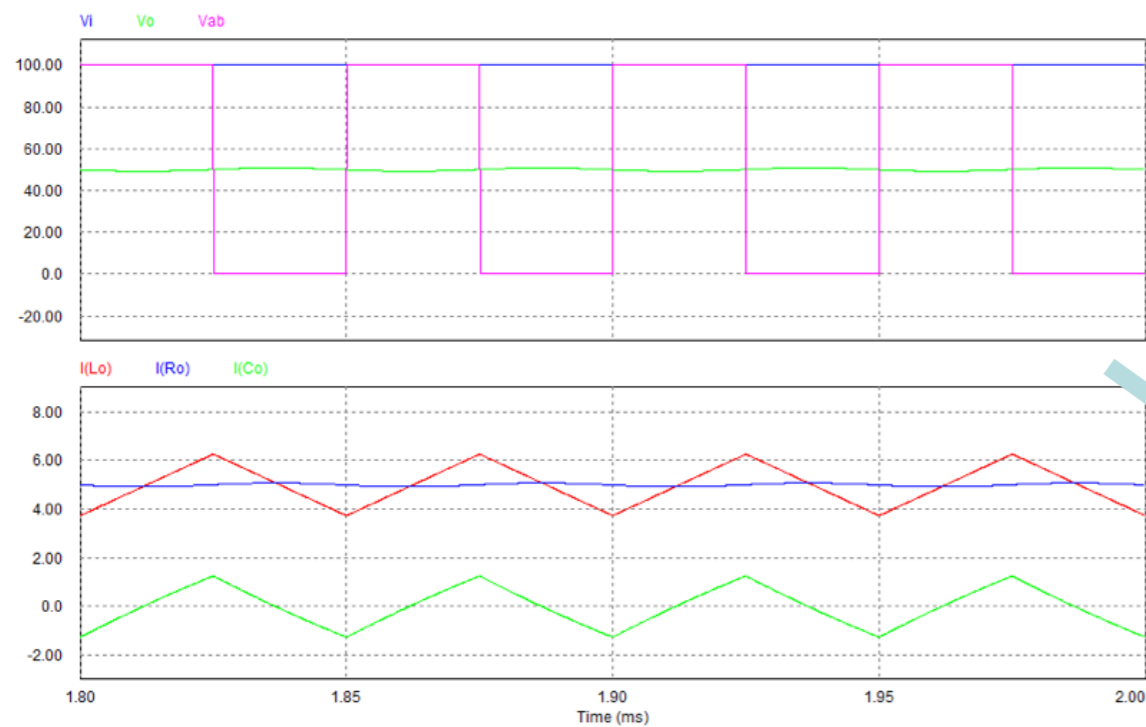
Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

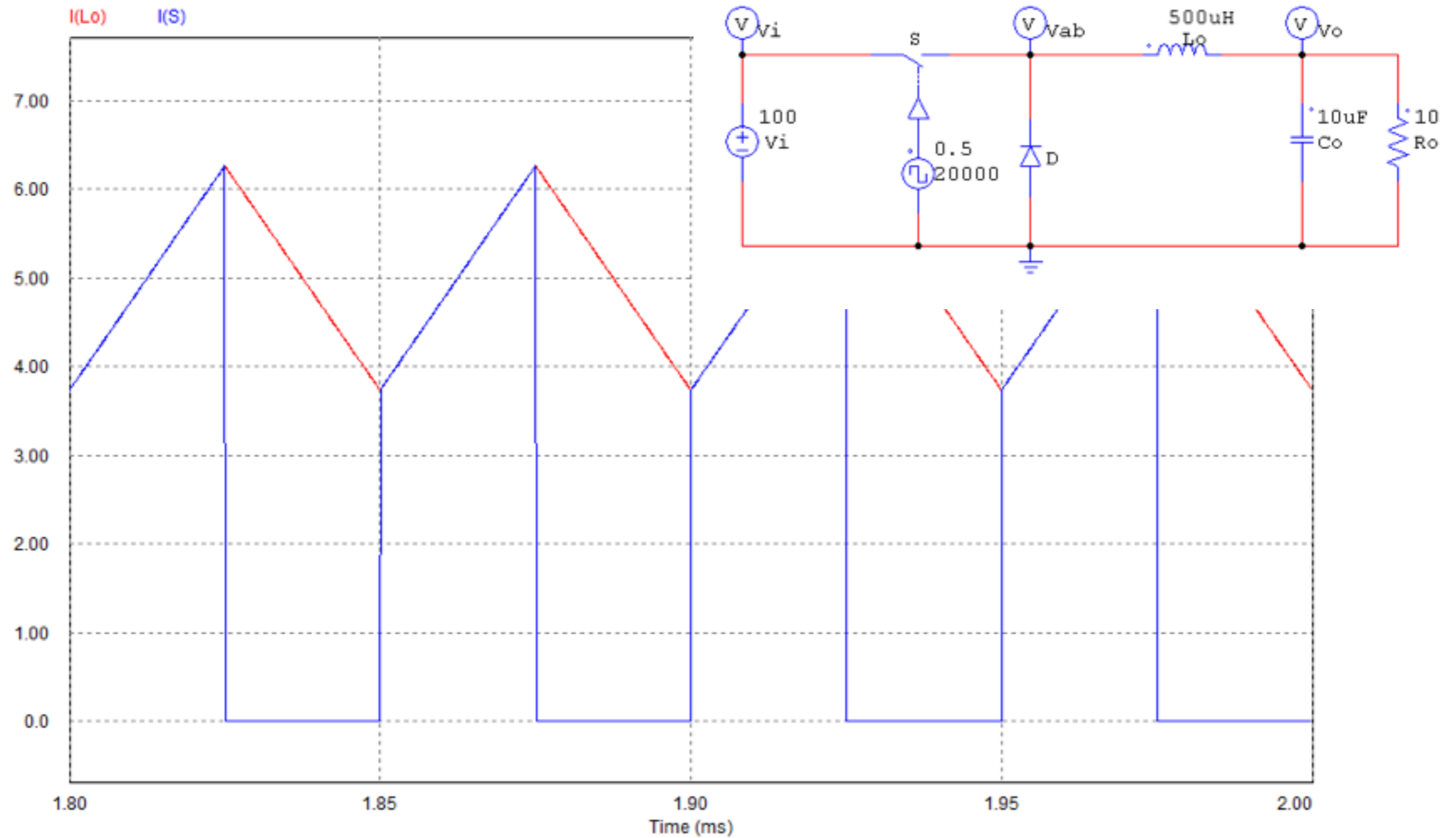
Condução contínua (MCC) para descontínua (DCM):

- Diminuição da carga;
- Indutor do filtro de saída muito baixo;
- Alteração da frequência de comutação;
- Alteração da tensão de entrada.



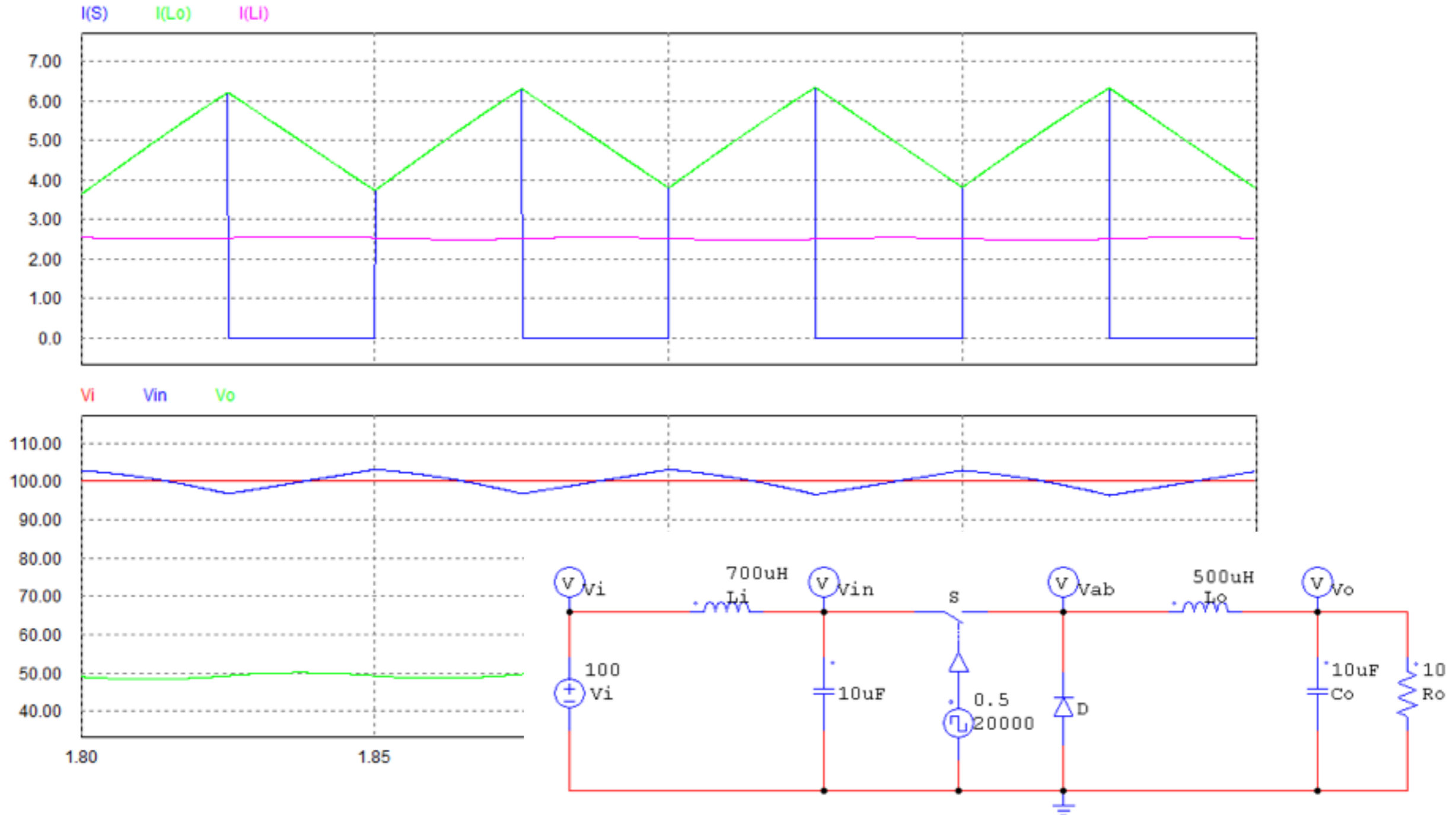
Conversor Buck

Filtro de entrada (corrente na fonte sem filtro):



Conversor Buck

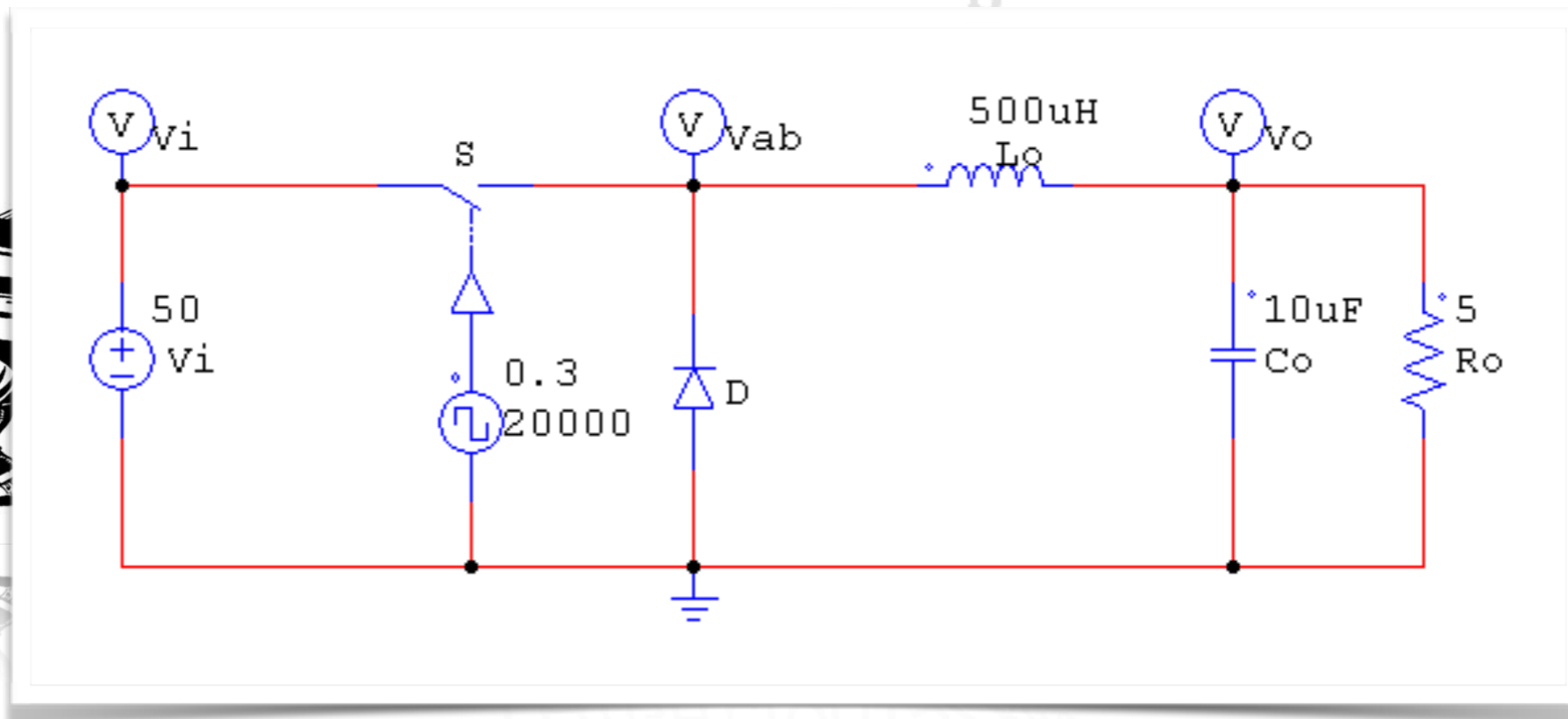
Filtro de entrada (corrente na fonte com filtro):



Tarefas

Exercício 2) Considerando o circuito abaixo determine:

- Ondulação de corrente no indutor;
- Corrente máxima no indutor;
- Corrente máxima no interruptor e no diodo;
- Ondulação de tensão no capacitor;
- Frequência de ressonância do filtro de saída.

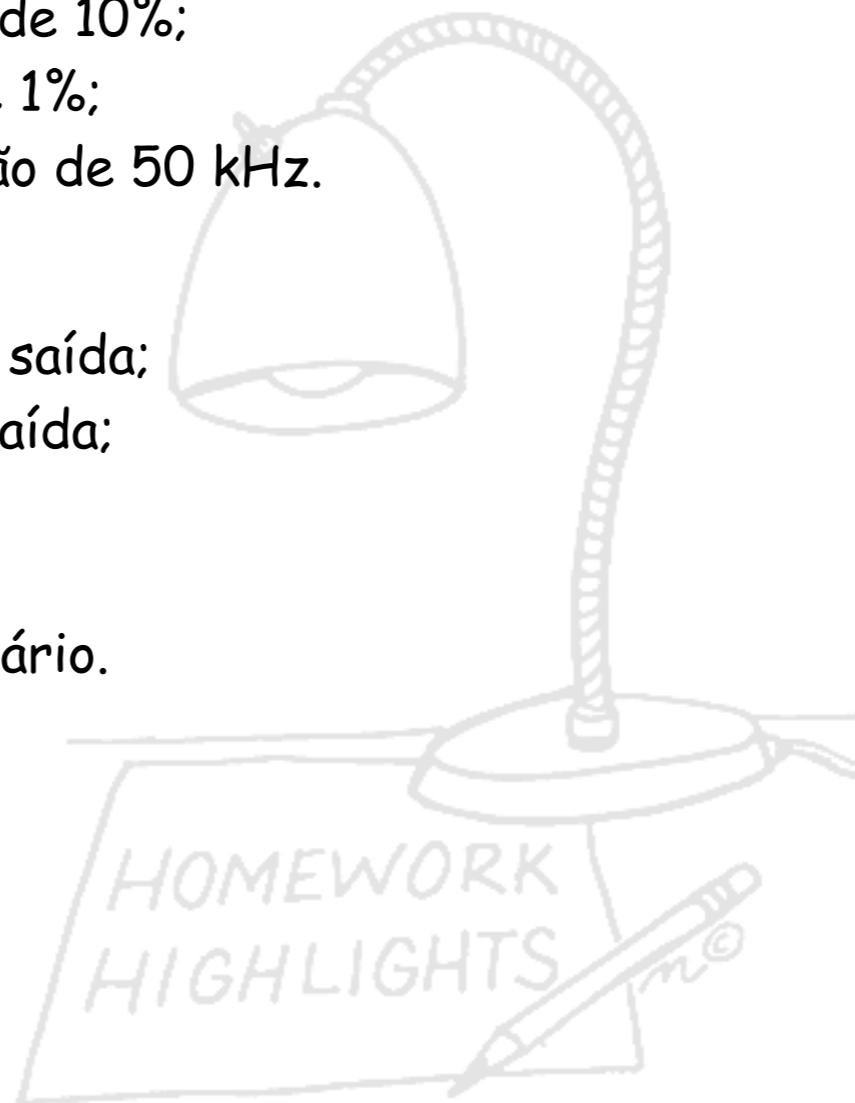


Exercício 4) Faça o projeto de um conversor Buck considerando:

- Tensão de entrada de 12 V;
- Tensão de saída de 5 V;
- Carga resistiva de 50 W;
- Ondulação de corrente de 10%;
- Ondulação de tensão de 1%;
- Freqüência de comutação de 50 kHz.

Determine:

- Indutância do filtro de saída;
- Capacitor do filtro de saída;
- Interruptor;
- Diodo;
- Dissipadores, se necessário.



Conversores cc-cc:

- Conversor Boost.

