

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 2026.

Eletrônica de Potência

O material do curso está disponível em:

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



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



ProfessorPetry
Conhecimento para uma vida plena

PRINCIPAL PROJÉTOS 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

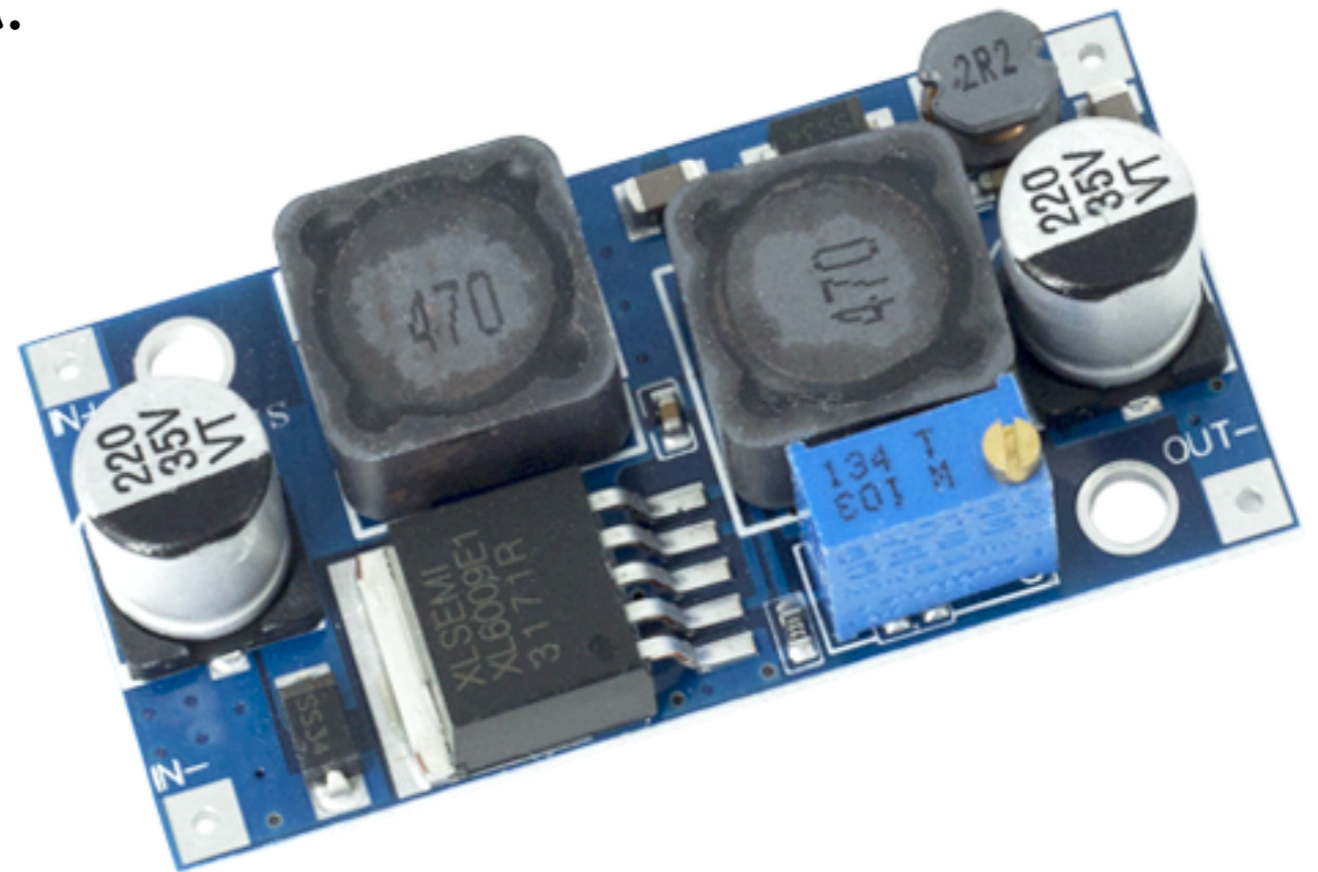
Conversores cc-cc:

- Introdução;
- Princípio de funcionamento;
- Conversor Buck;
- Exercícios.

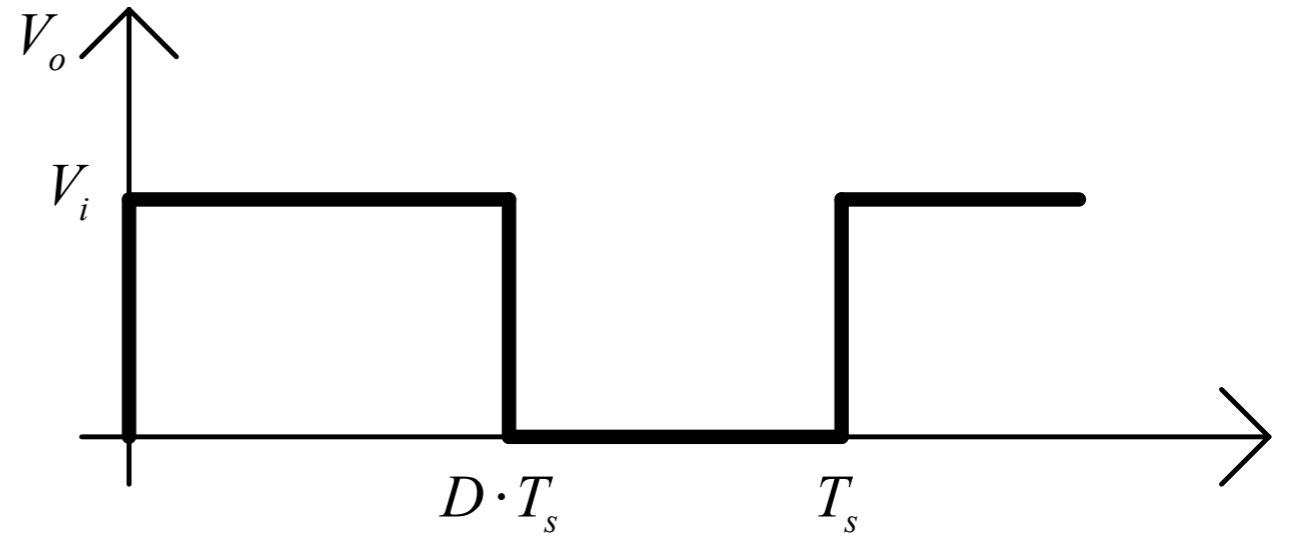
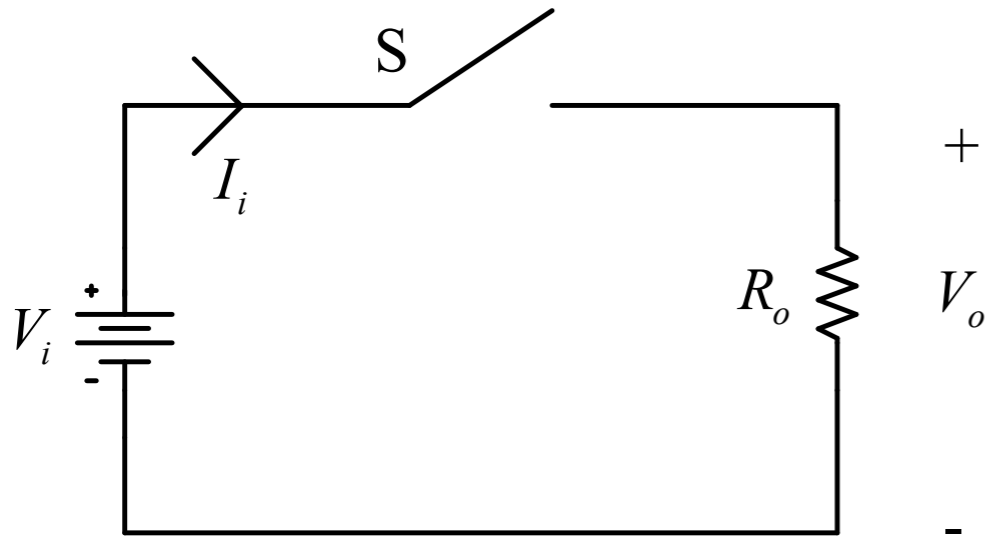


Motivação

Os conversores cc-cc abaixadores são amplamente utilizados em diversas aplicações na área de eletrônica.



Princípio geral



Tensão média na saída:

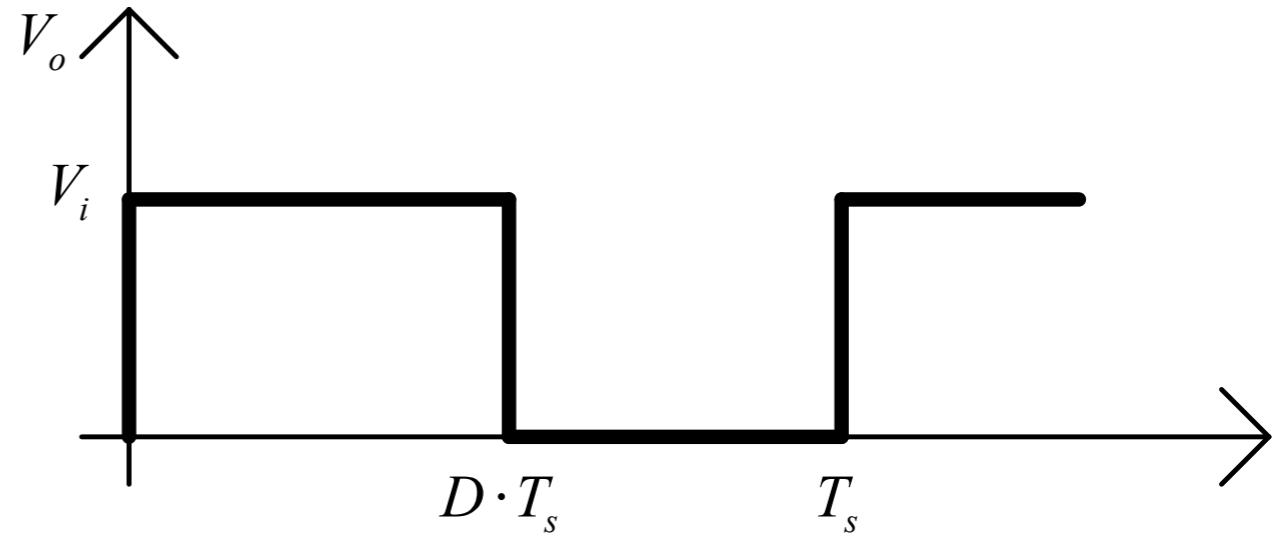
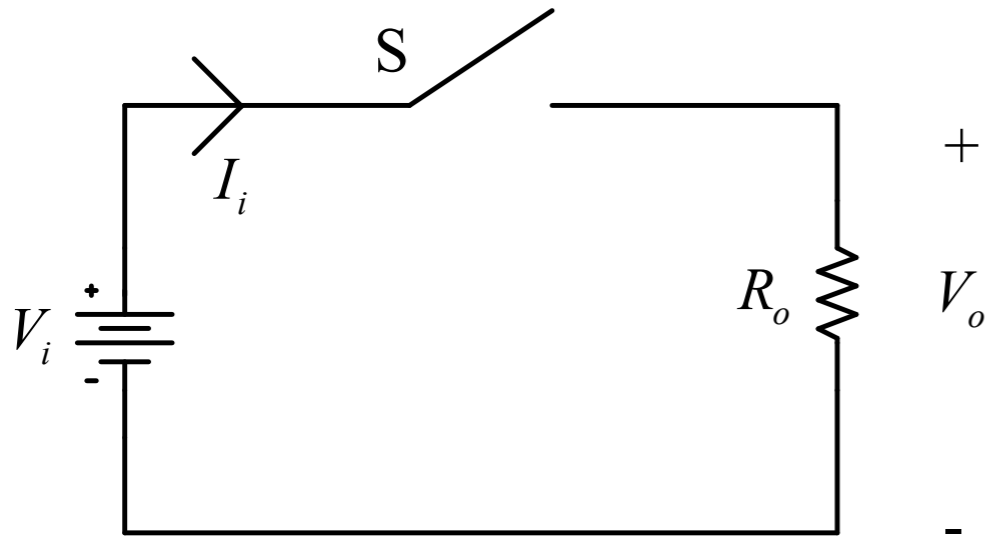
$$V_{med} = V_o = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

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

$$V_o = D \cdot V_i$$

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

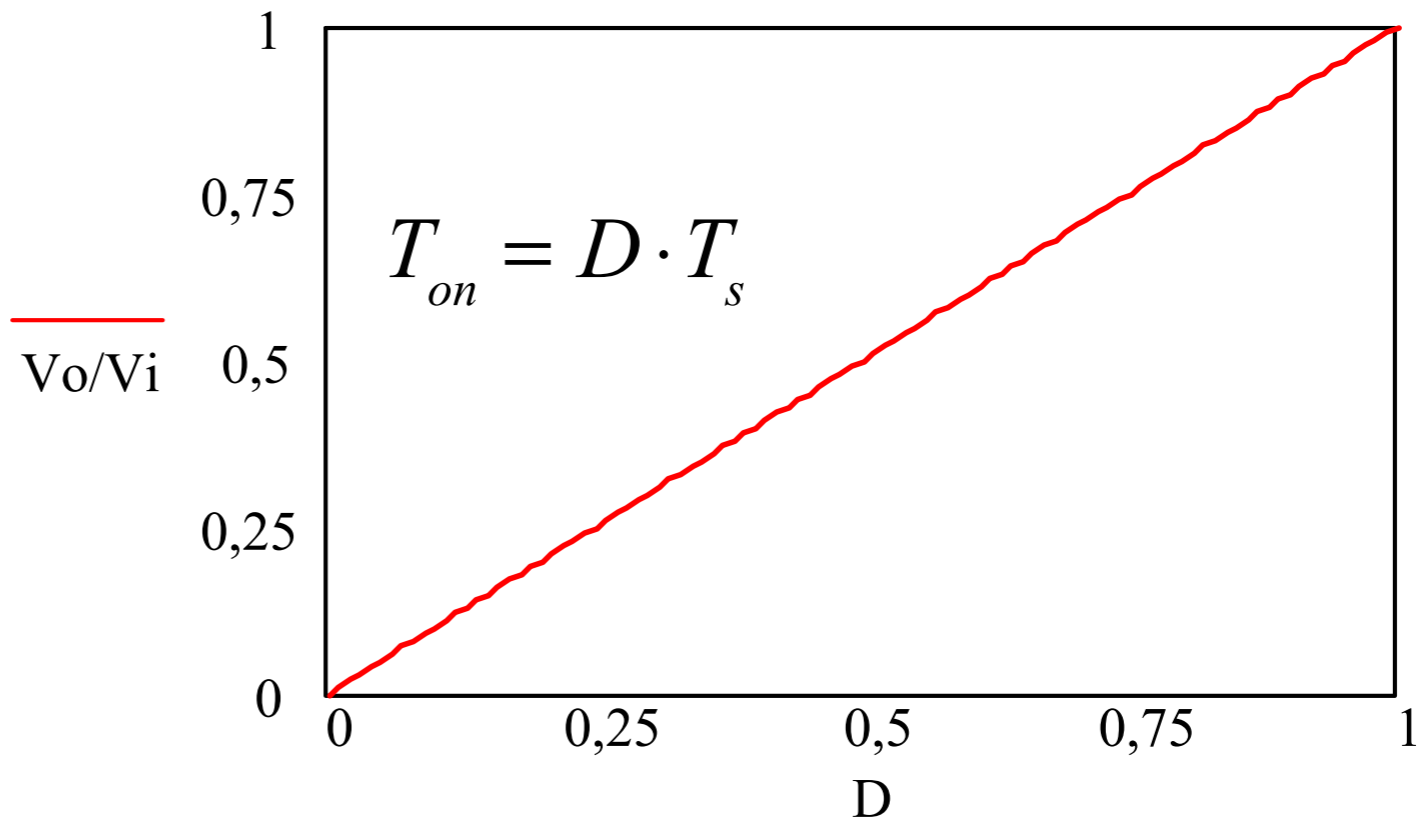
Princípio geral



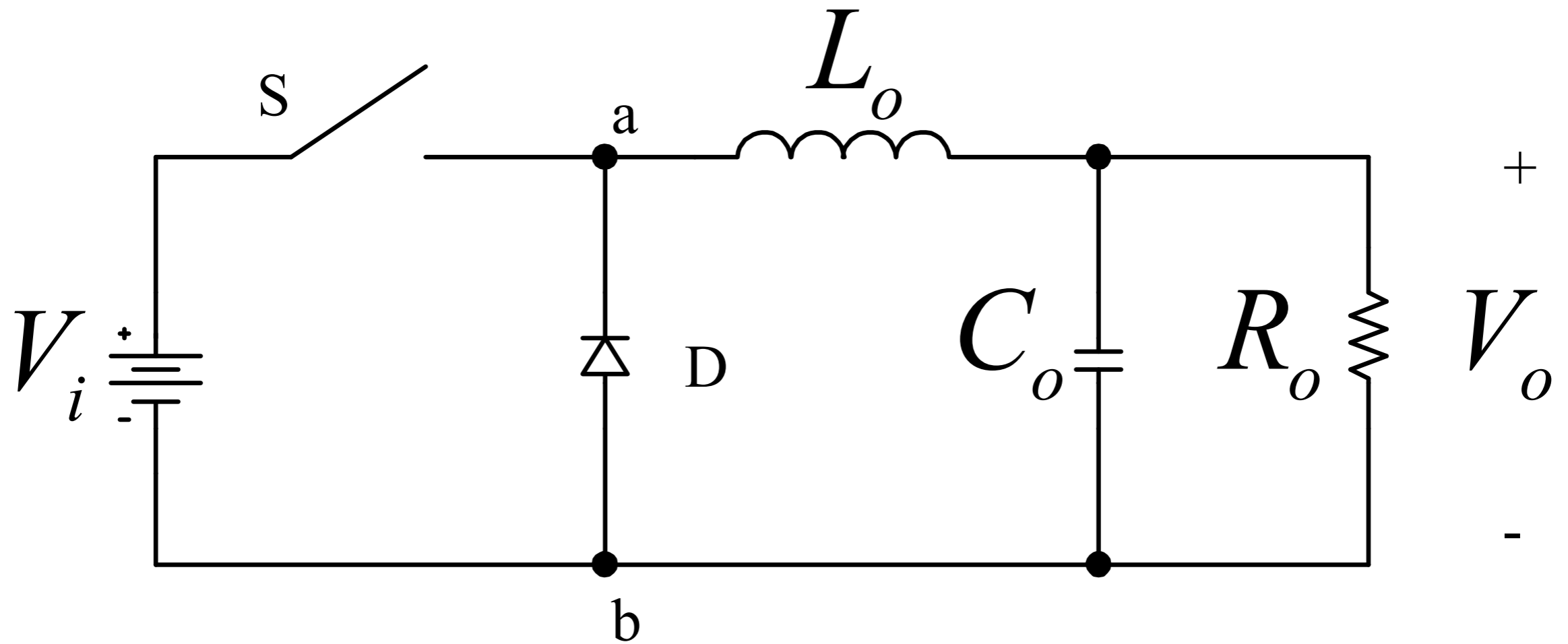
Ganho estático:

$$V_o = D \cdot V_i$$

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



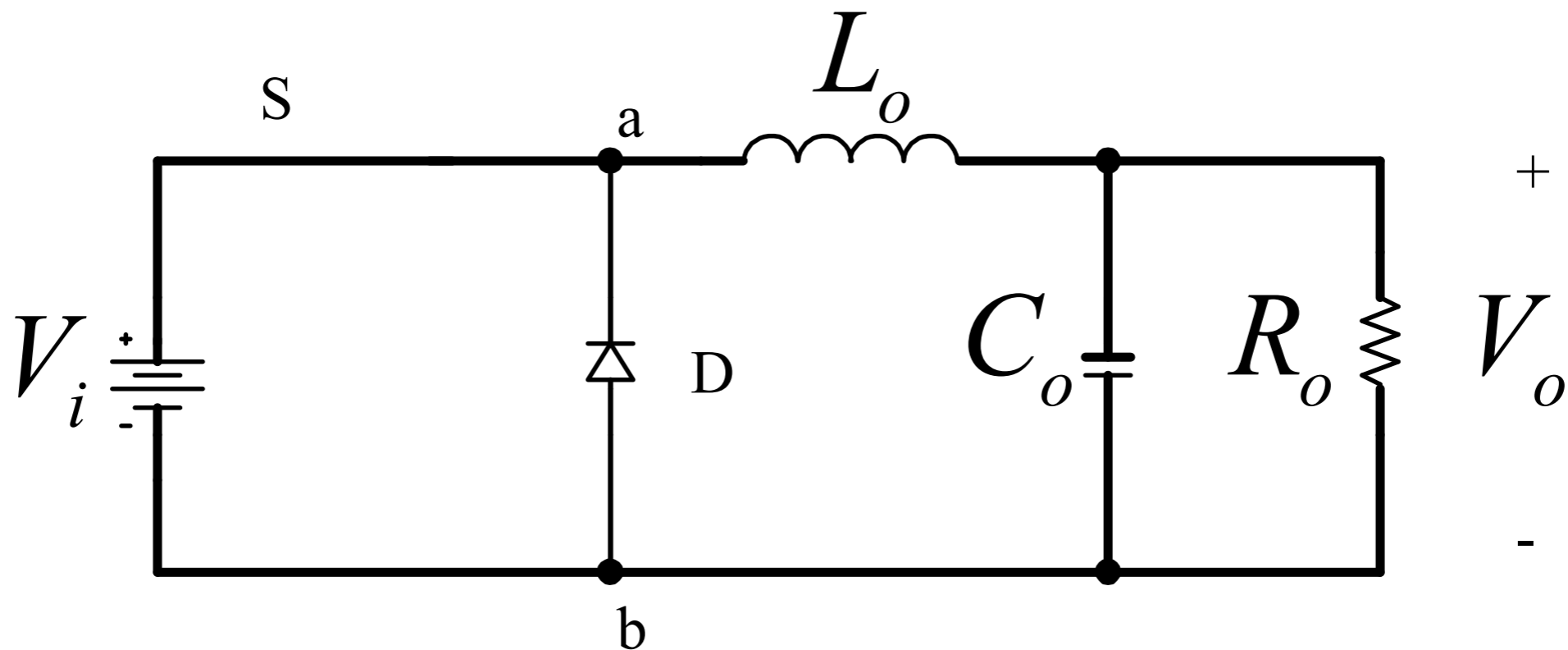
Conversor Buck



Conversor Buck

Primeira etapa de funcionamento:

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

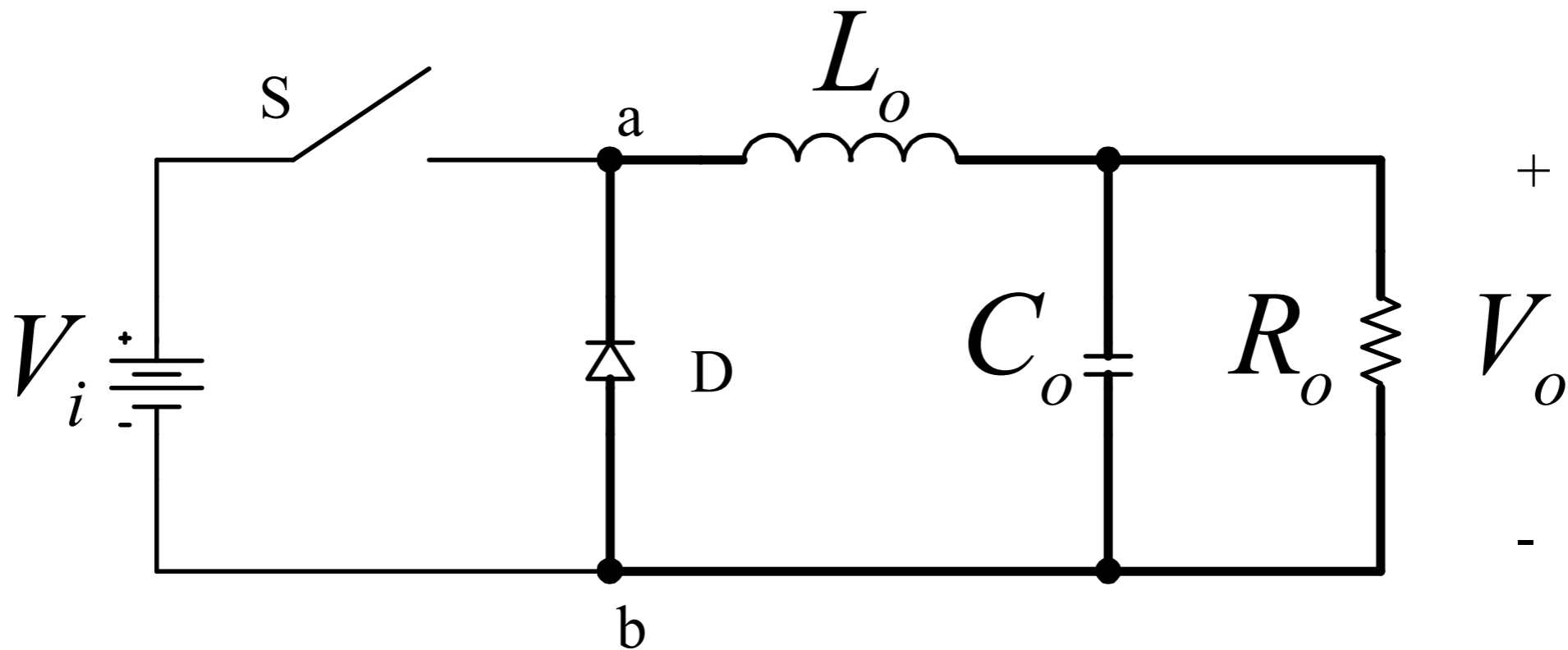


$$0 \leq t < D \cdot T_s$$

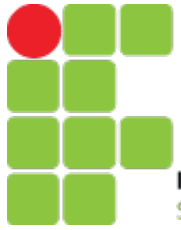
Conversor Buck

Segunda etapa de funcionamento:

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

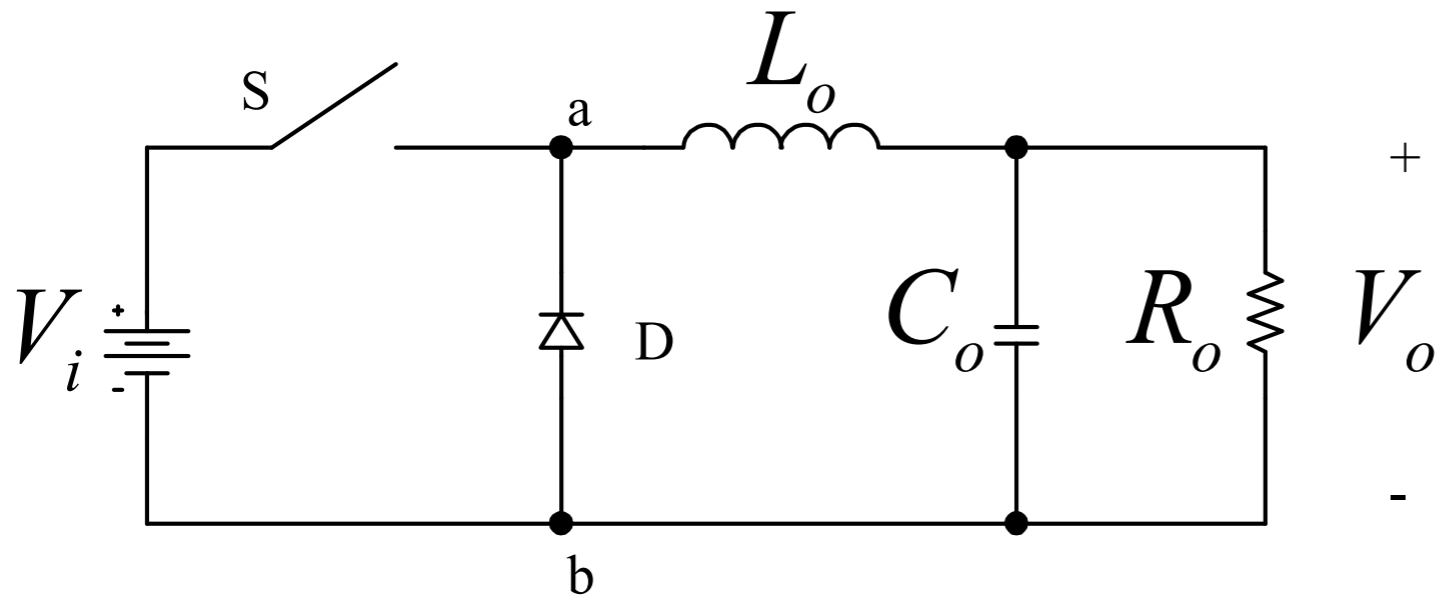


$$D \cdot T_s \leq t < T_s$$



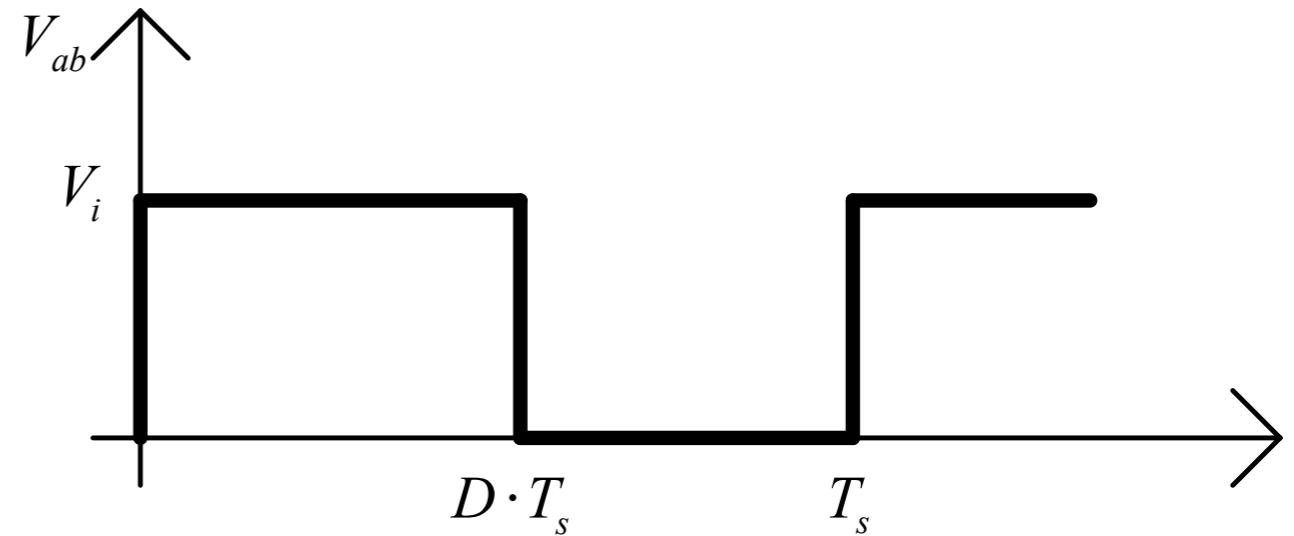
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Conversor Buck



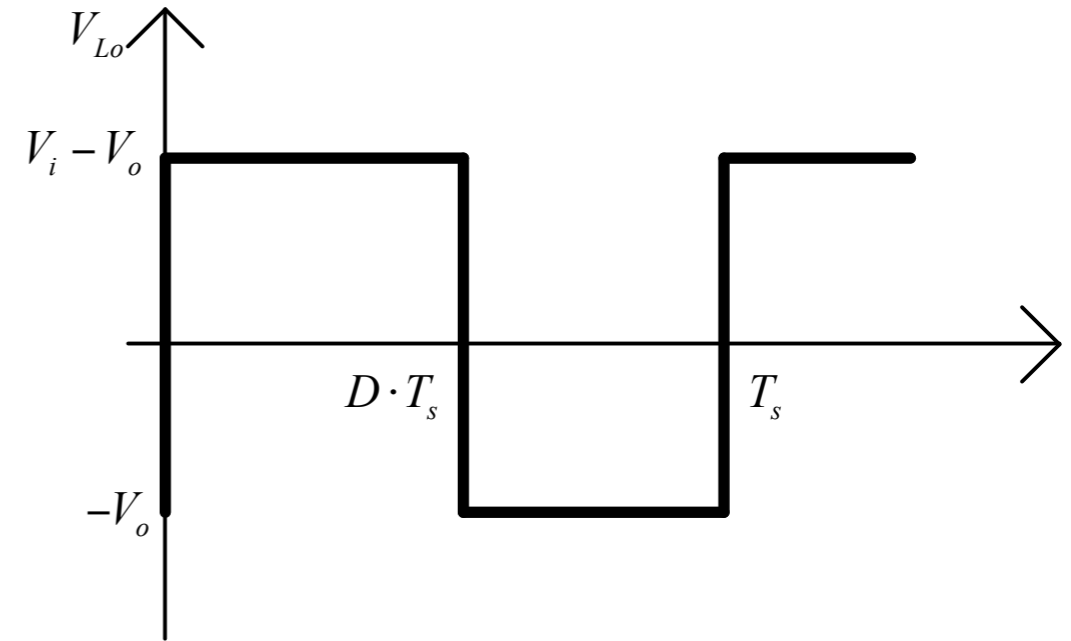
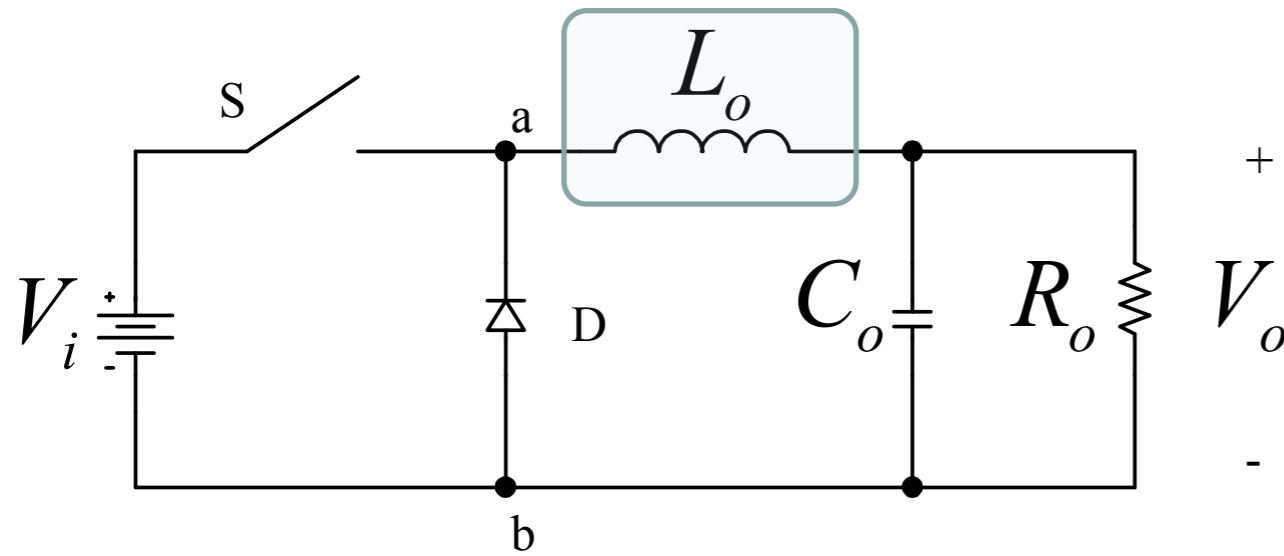
$$V_{med} = V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

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



Conversor Buck

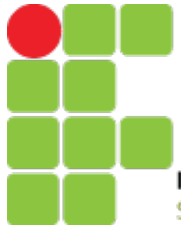
Tensão média sobre o indutor:



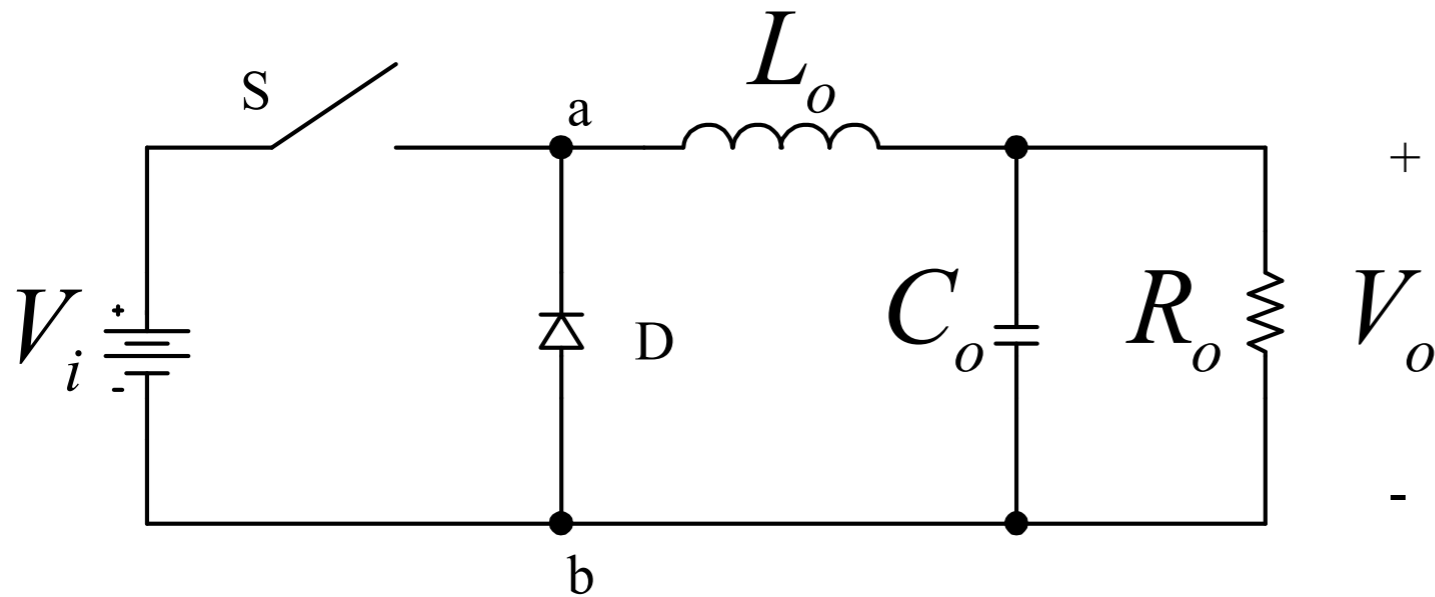
$$V_{Lo} = \frac{1}{T_s} \left[\left((V_i - V_o) \cdot D \cdot T_s \right) + \left(-V_o \cdot (T_s - D \cdot T_s) \right) \right]$$

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

$$V_{Lo} = 0$$



Conversor Buck



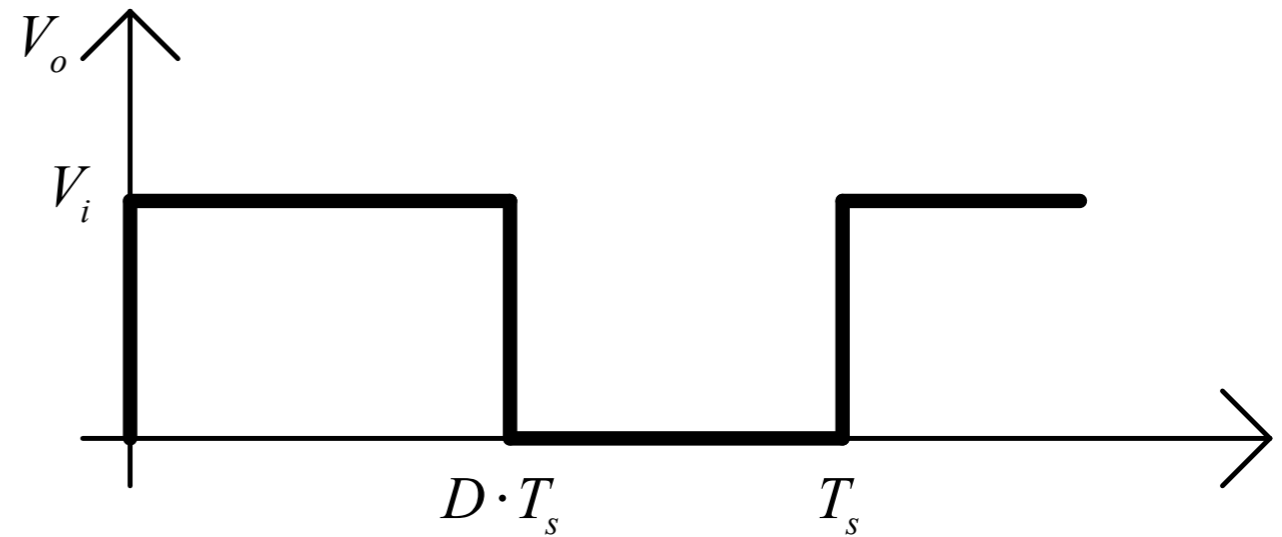
$$V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s] = V_i \cdot \frac{T_{on}}{T_s}$$

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

$$V_o = V_{ab}$$

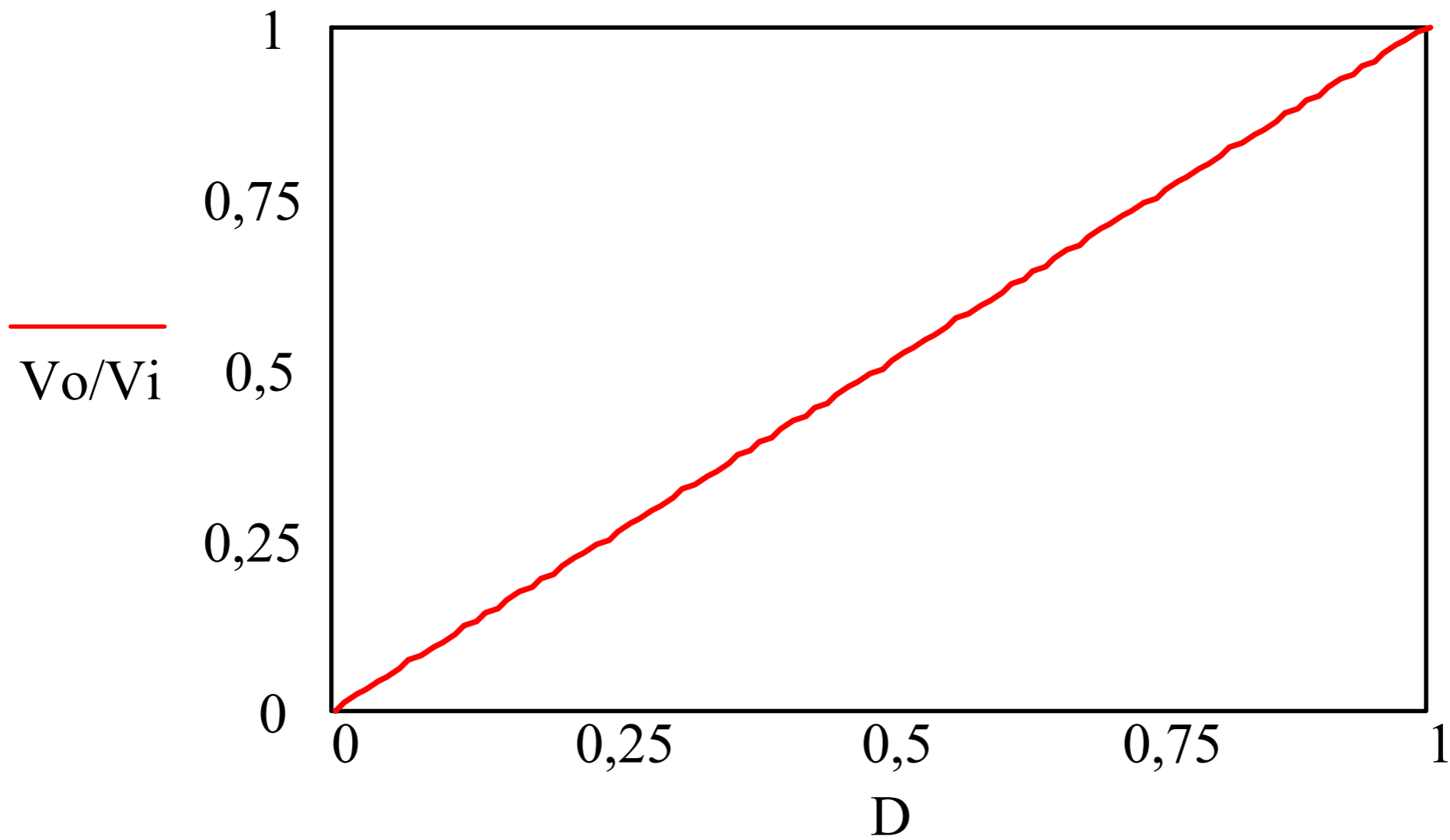
$$V_o = D \cdot V_i$$

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



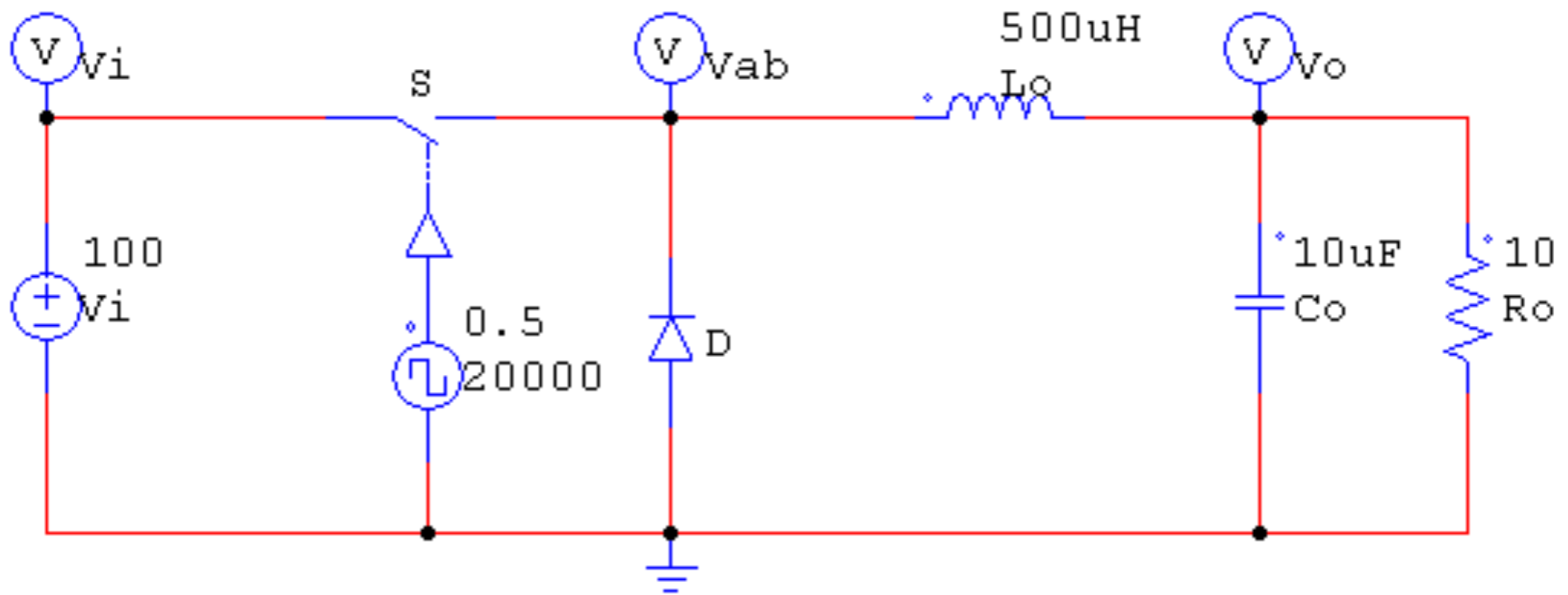
Conversor Buck

Ganho estático em função da razão cíclica:



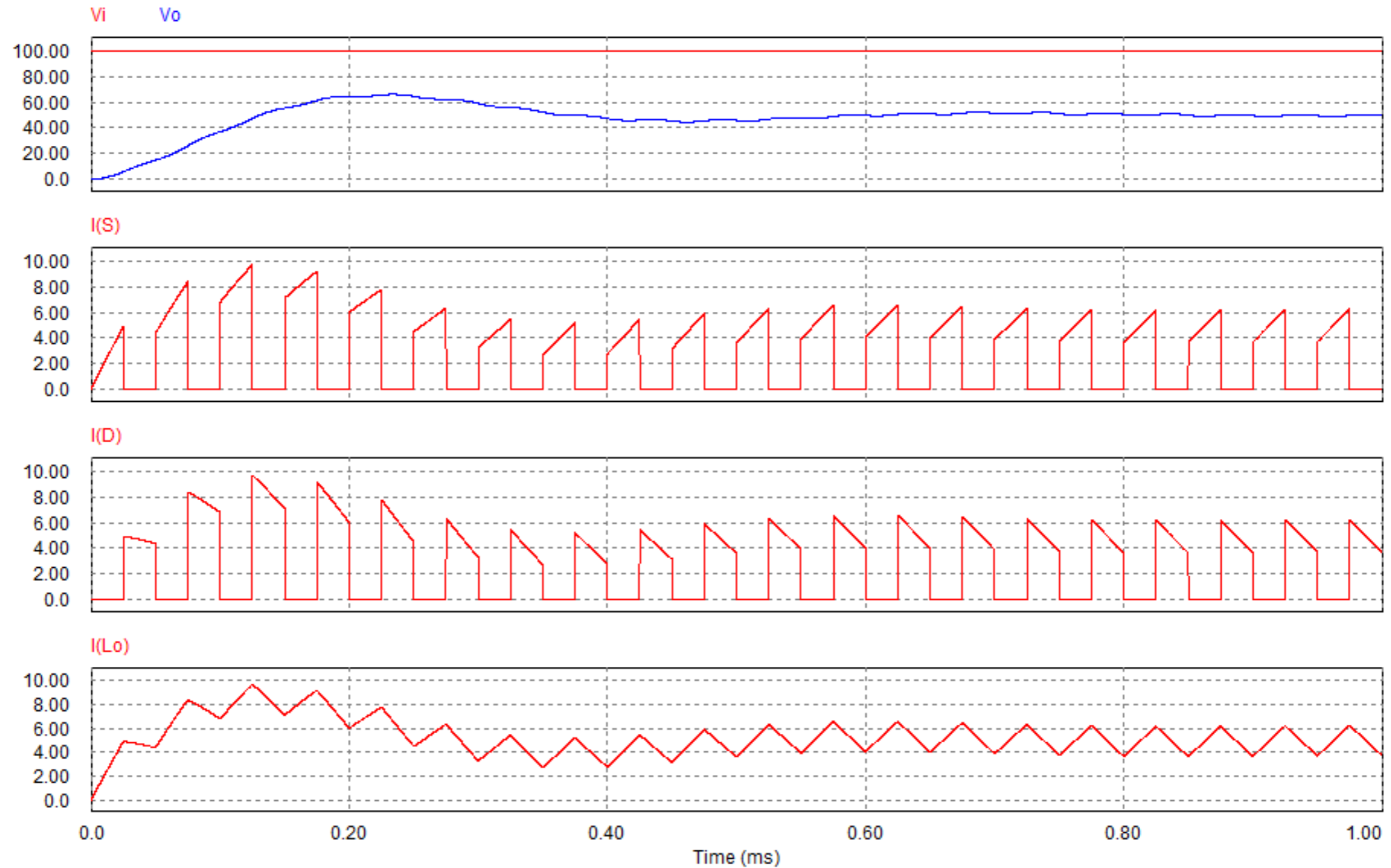
Conversor Buck

Principais formas de onda (circuito simulado):



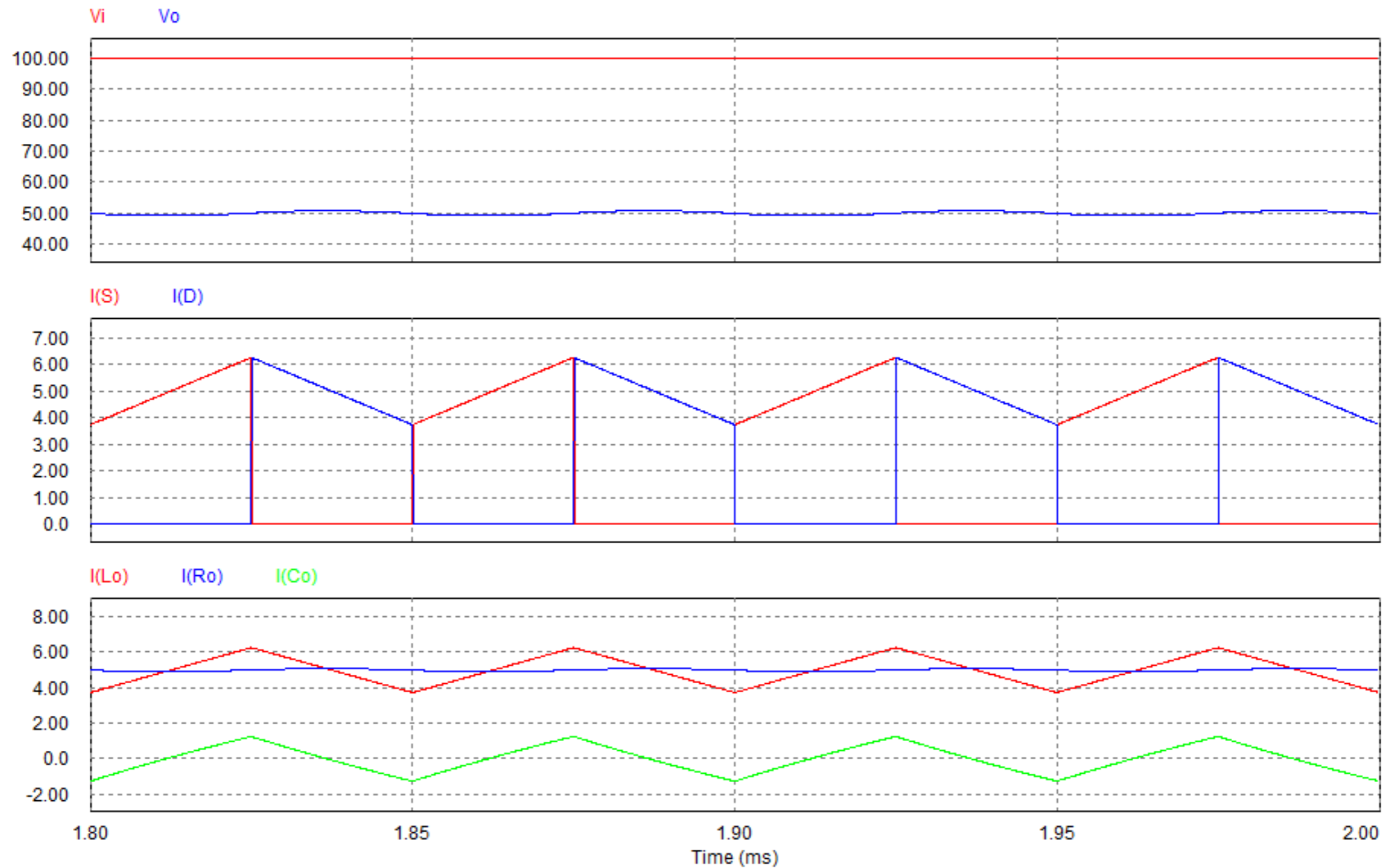
Conversor Buck

Principais formas de onda (transitório de partida):



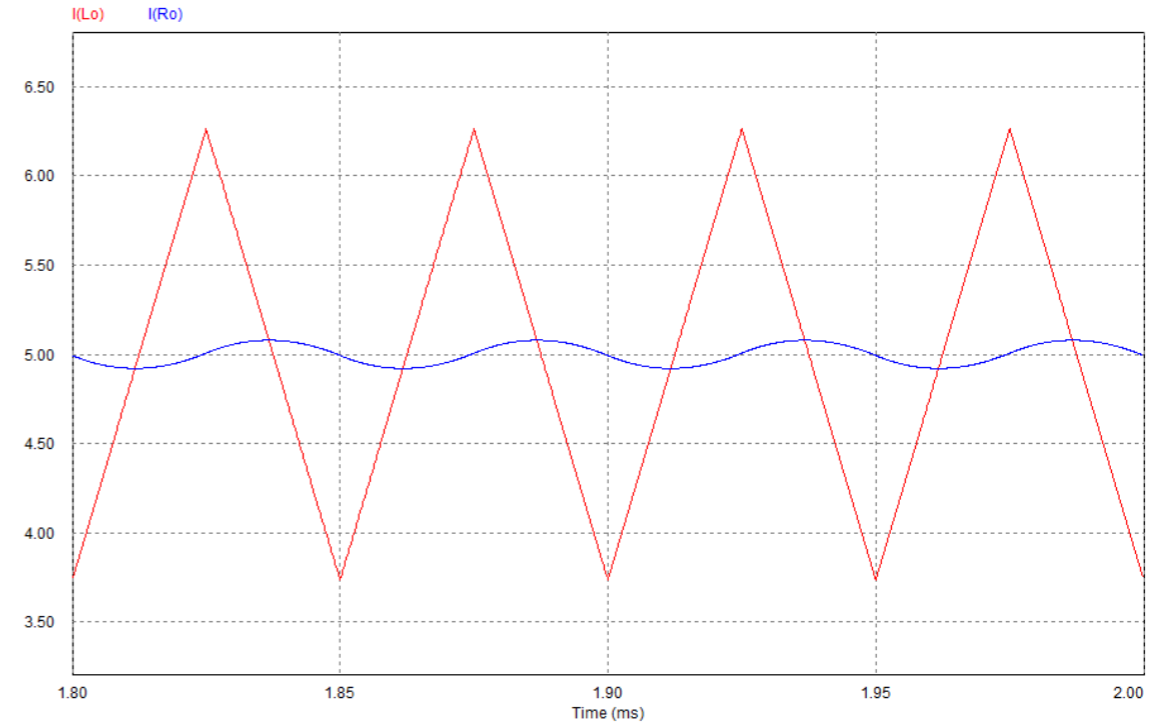
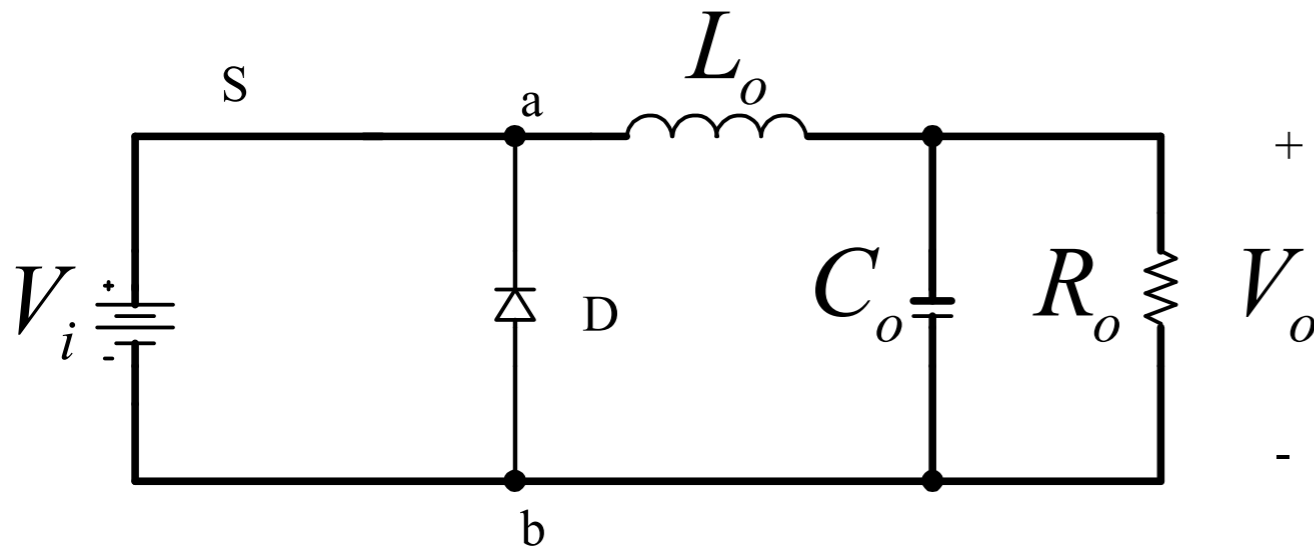
Conversor Buck

Principais formas de onda (regime permanente):



Conversor Buck

Ondulação de corrente em L_o :



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

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

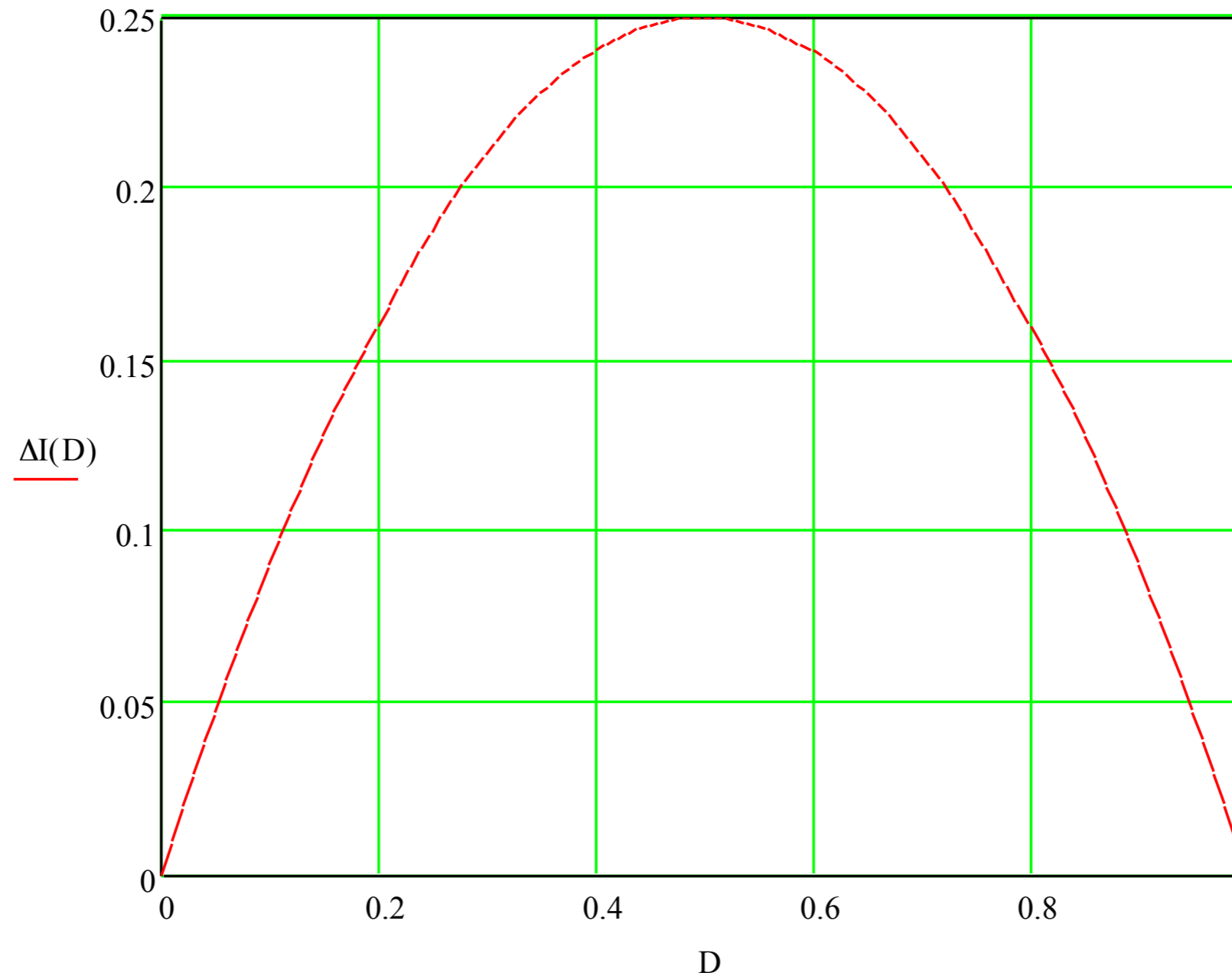
$$\Delta I_{L_o} = \frac{V_{L_o} \cdot \Delta T}{L_o}$$

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

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 :

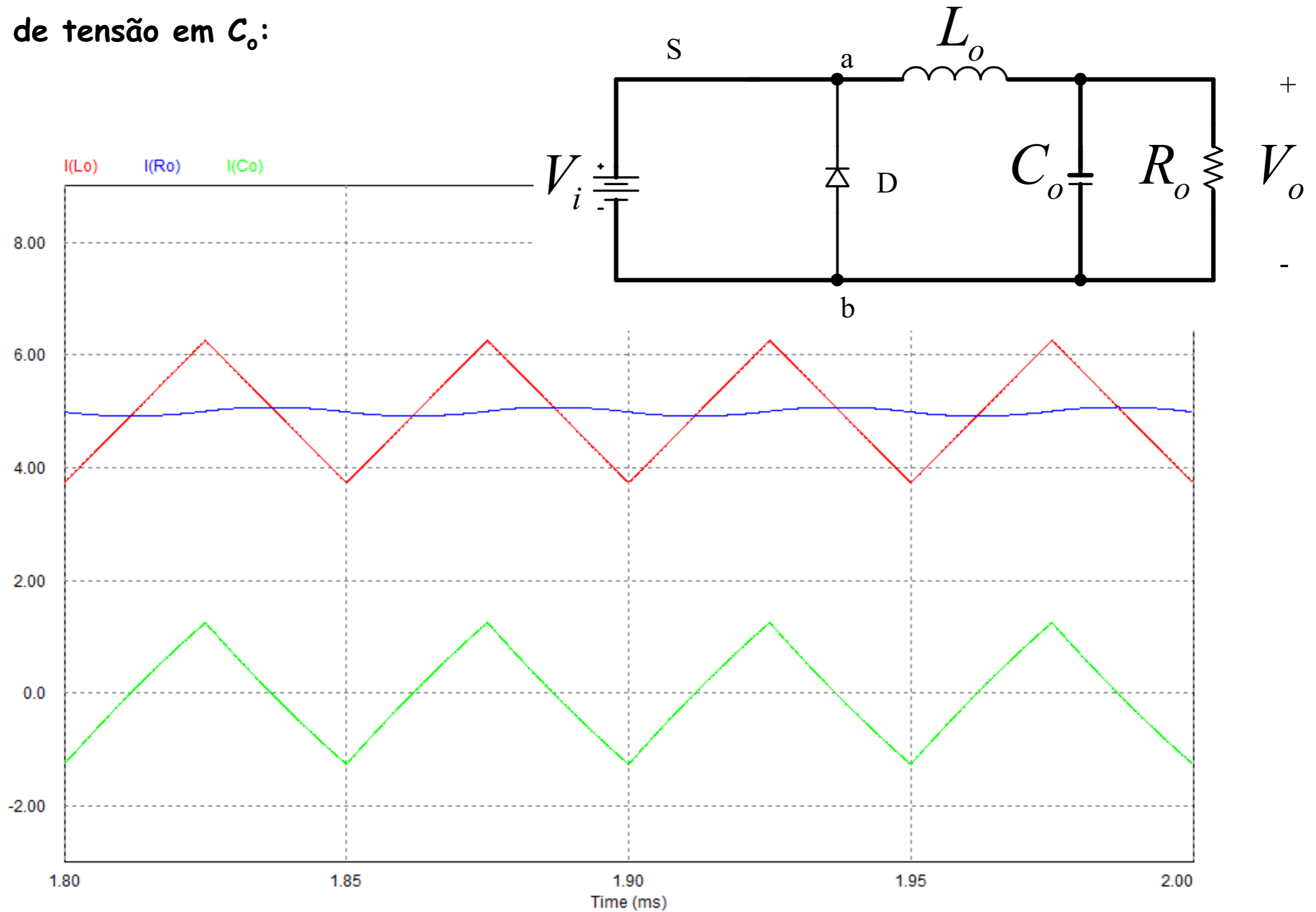
$$\Delta I_{L_o_max} = \frac{V_i}{L_o \cdot F_s} D \cdot (1 - D)$$

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

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

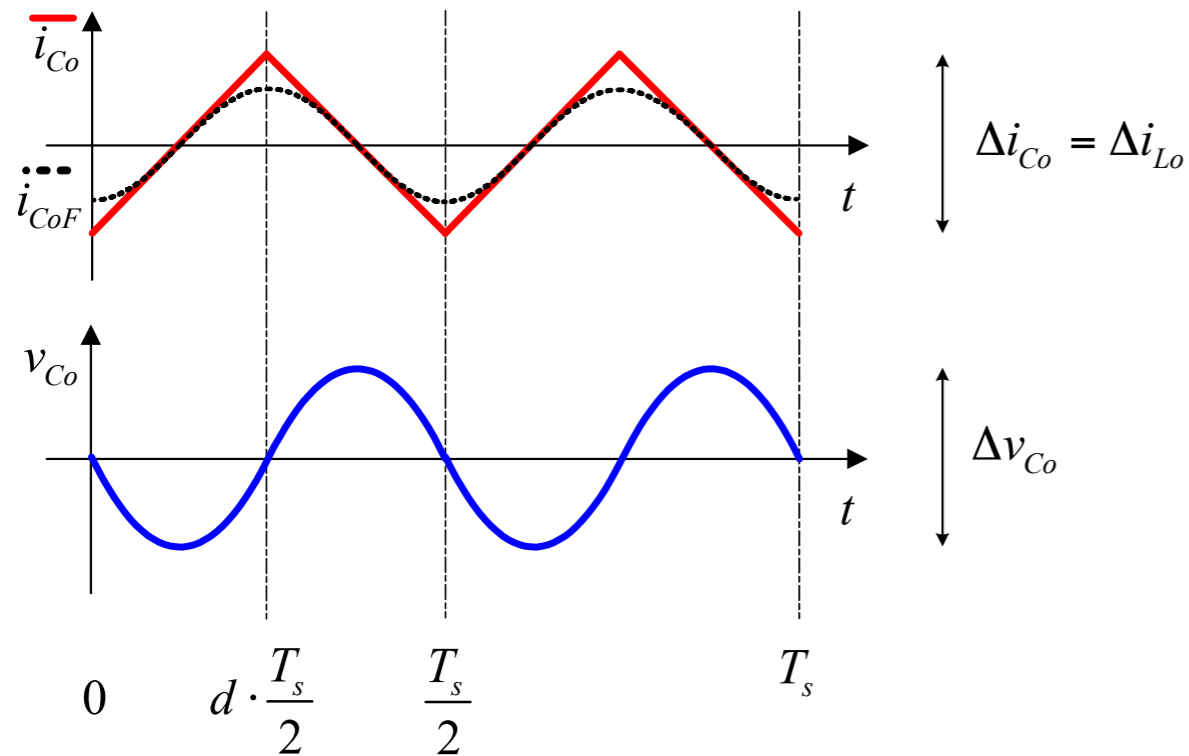
Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :



Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :

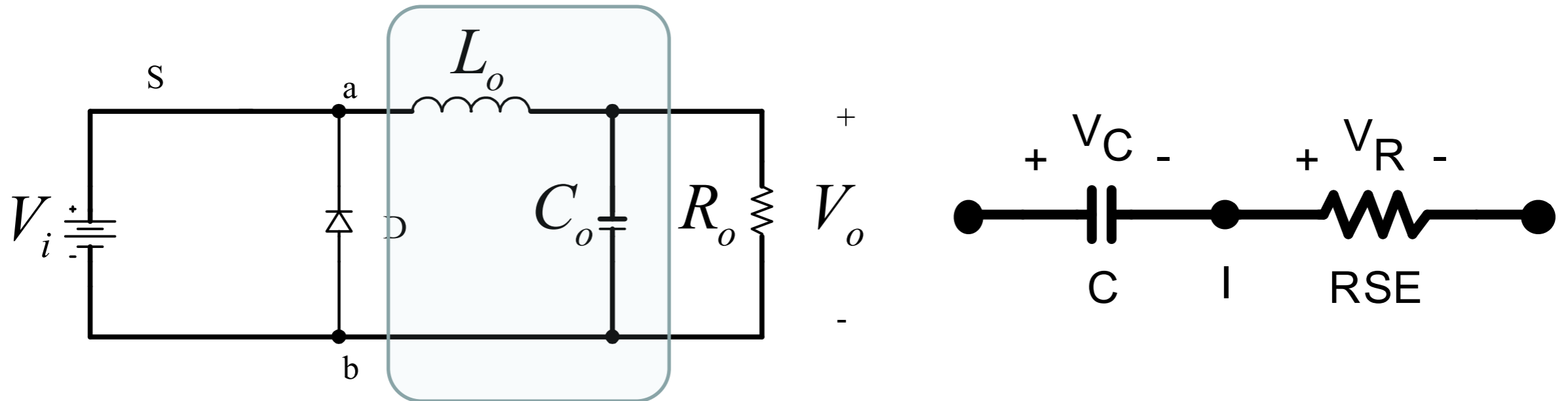


$$\Delta V_{Co_max} = \frac{V_i}{31 \cdot L_o \cdot C_o \cdot F_s^2}$$

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

Conversor Buck

Filtro de saída (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 ($^{\circ}C$)

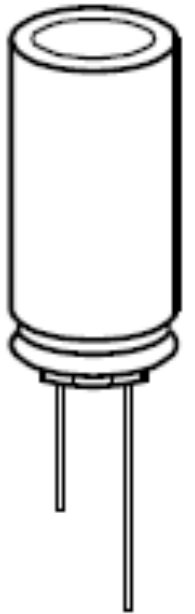
105

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

>2000

Type

B41851



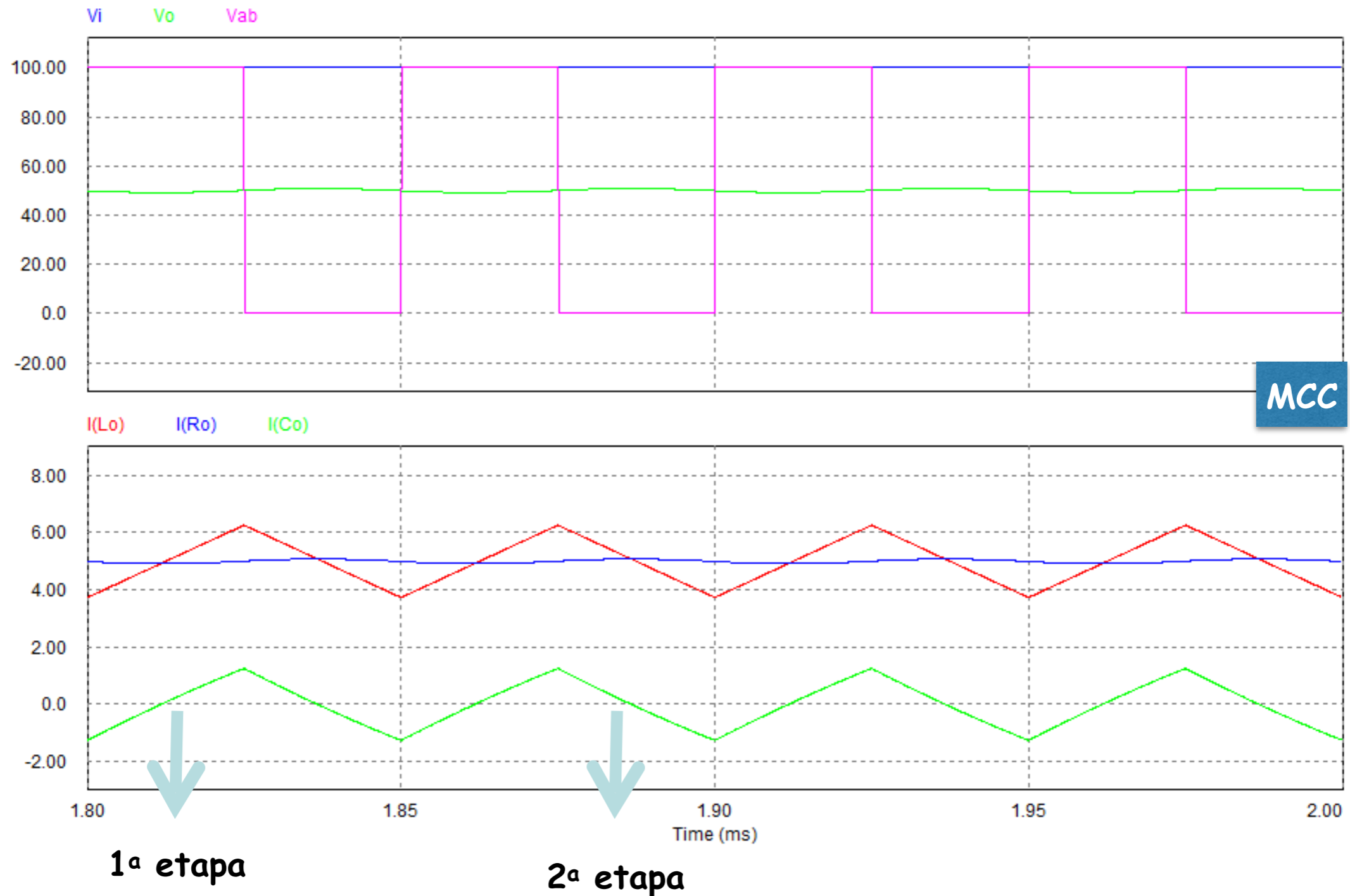
www.epcos.com

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***

$V_R = 50 V DC$

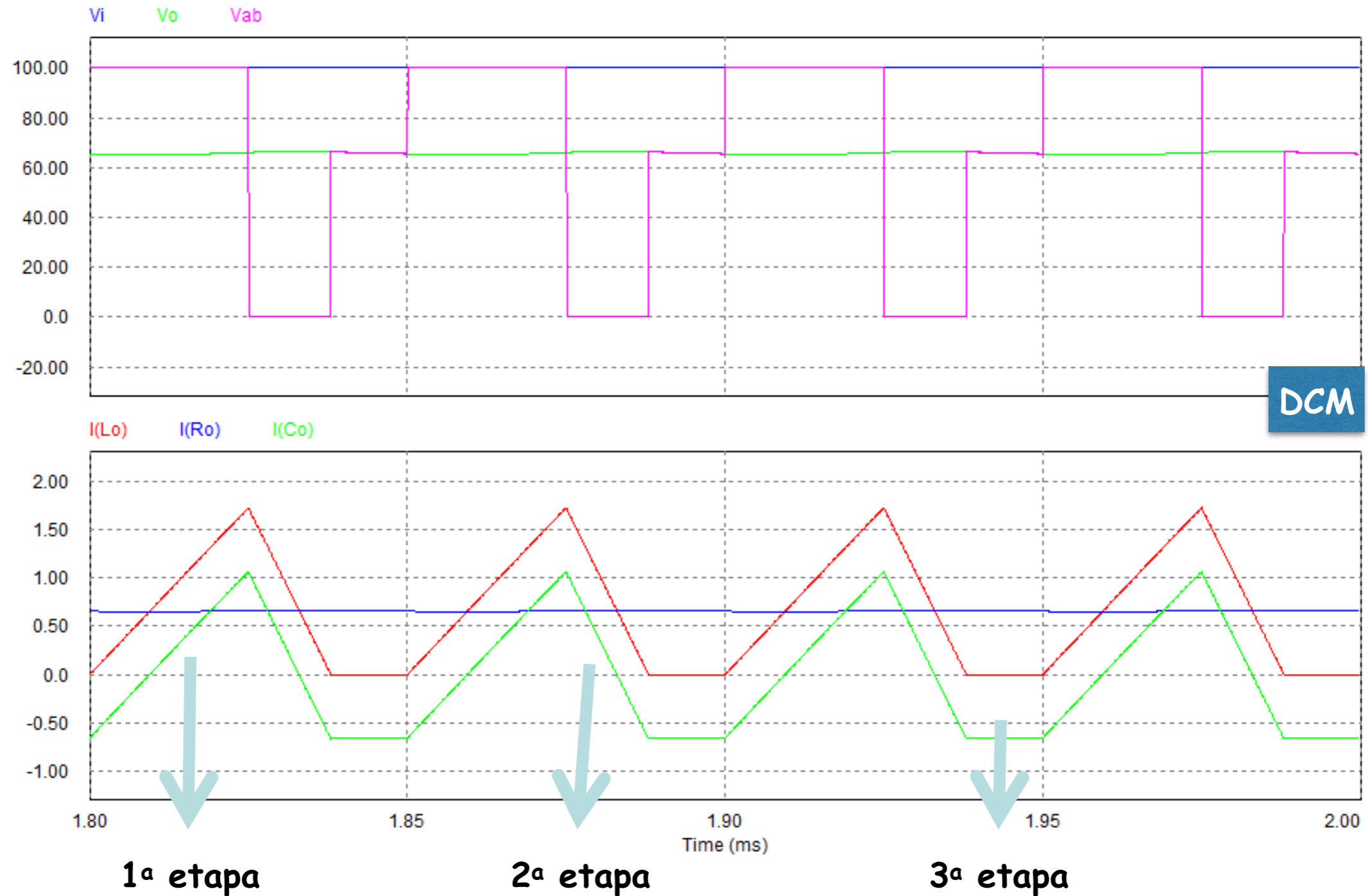
Conversor Buck

Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

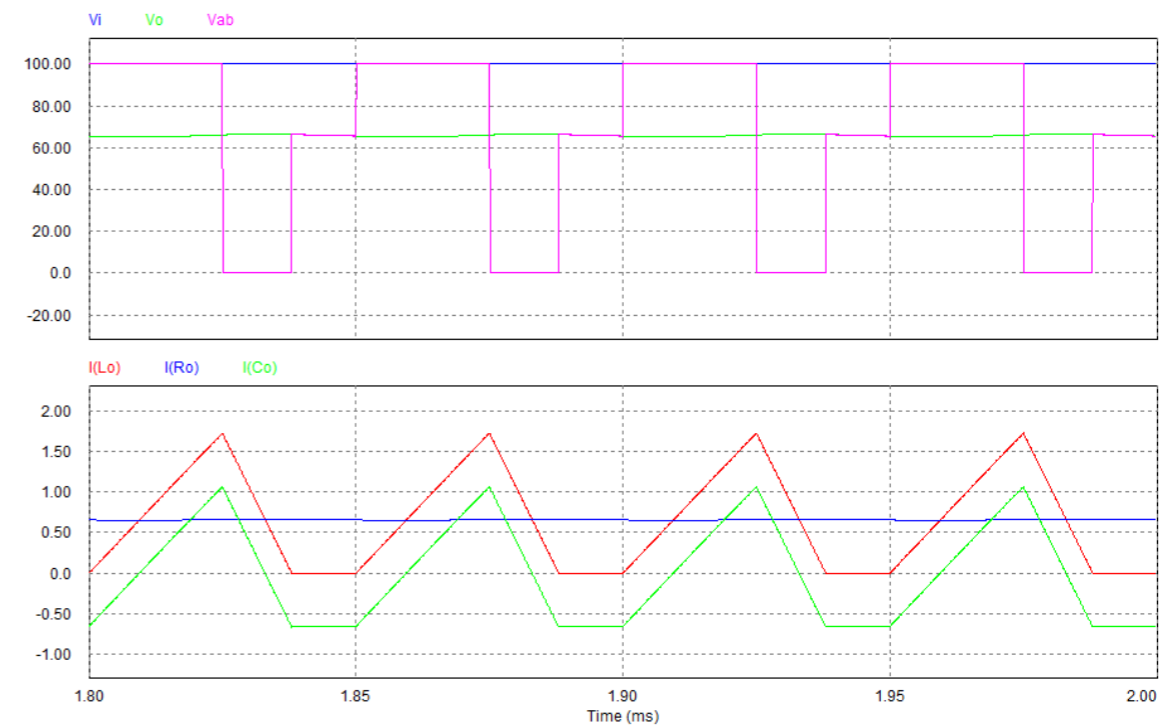
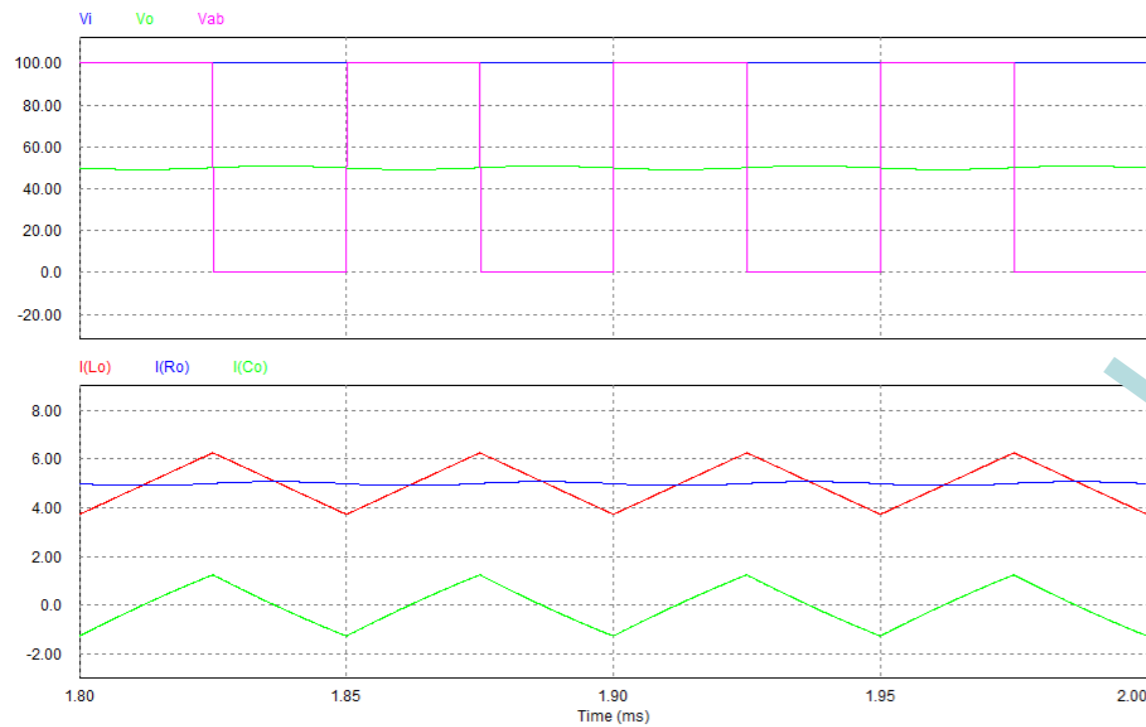
Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

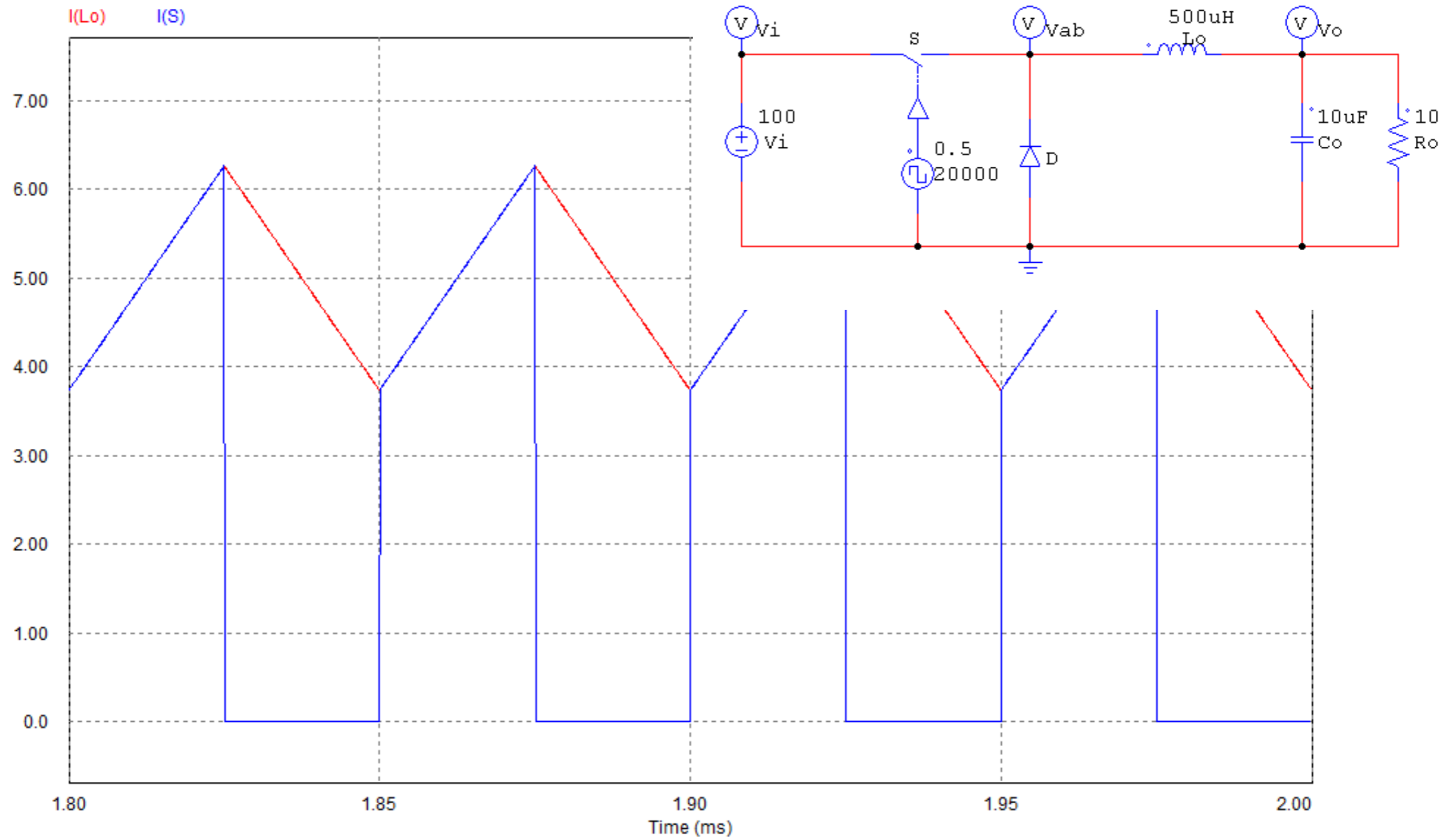
Condução contínua (MCC) para descontínua (DCM):

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



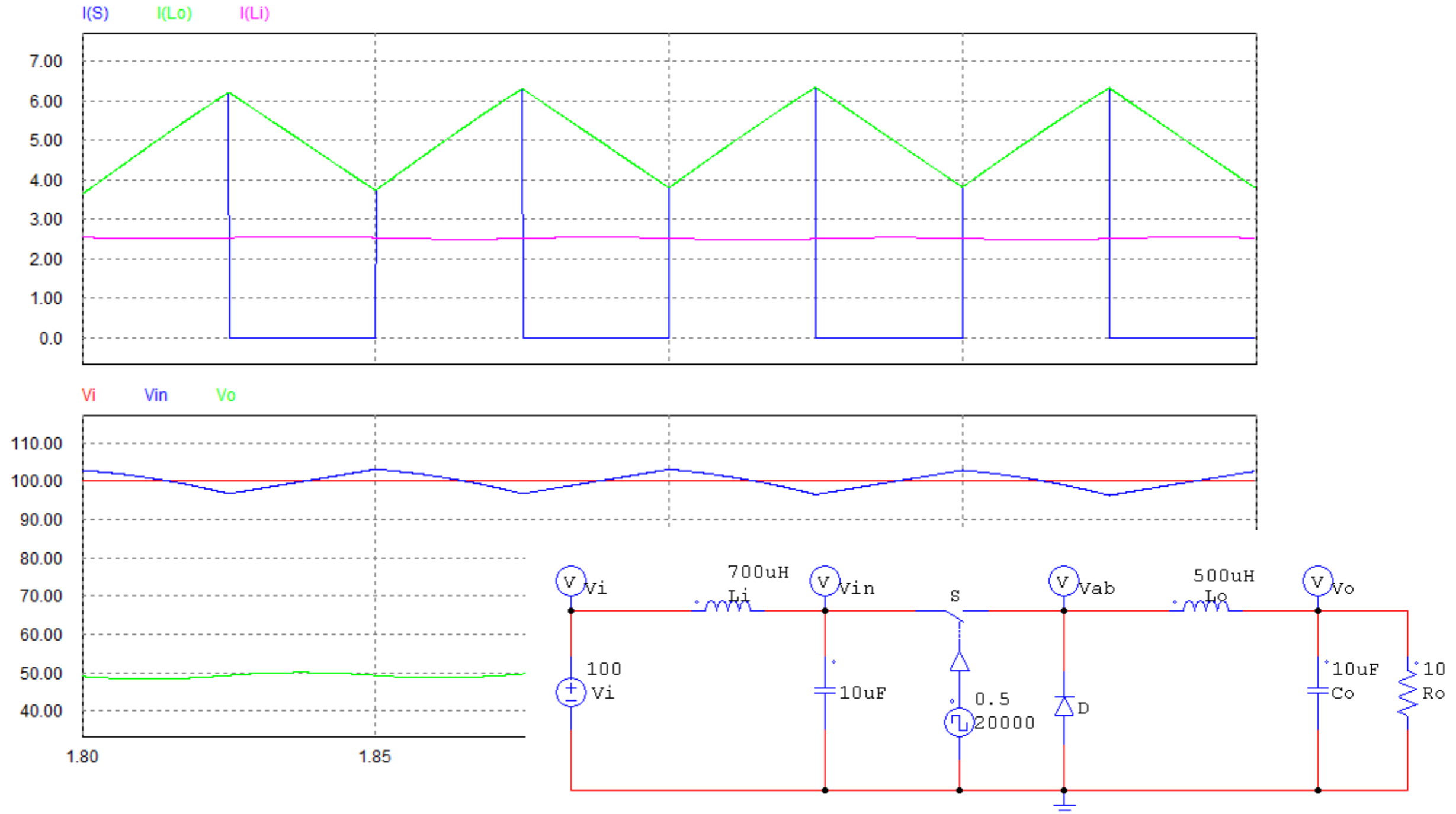
Conversor Buck

Filtro de entrada (corrente na fonte sem filtro):



Conversor Buck

Filtro de entrada (corrente na fonte com filtro):



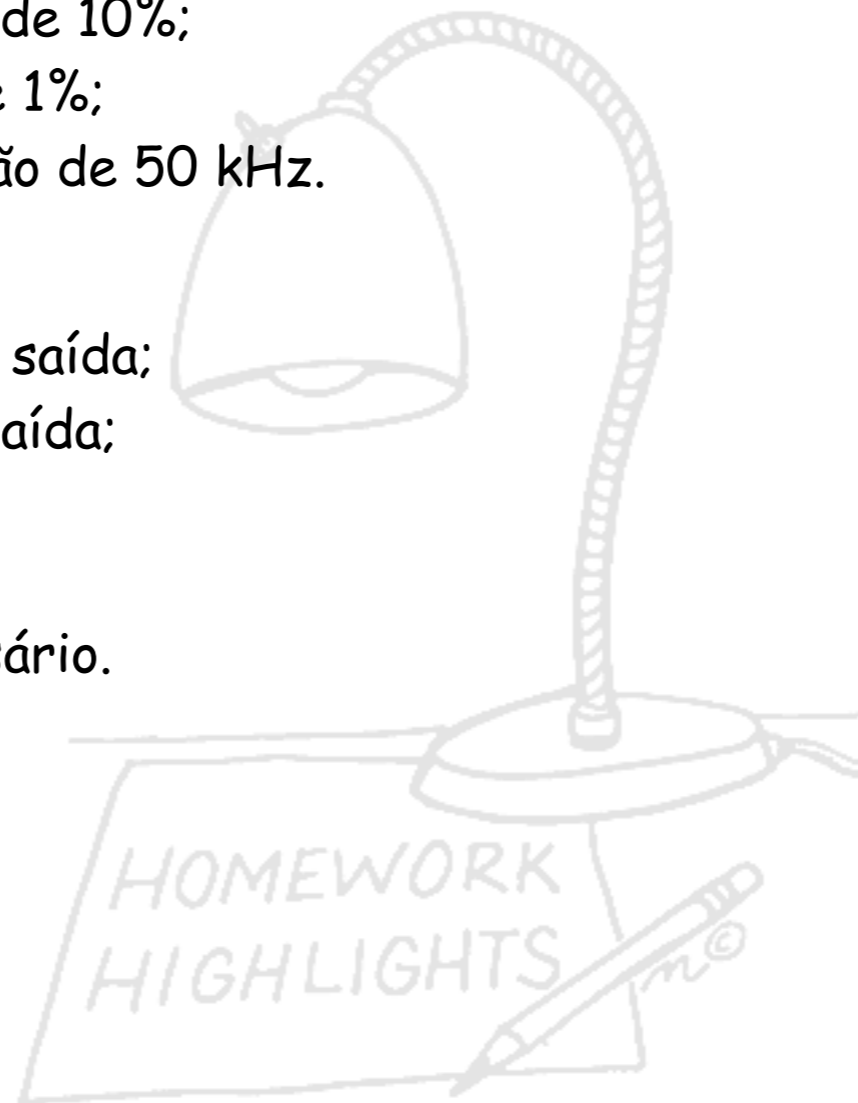
Conversor Buck

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.



Próxima Aula

Conversores cc-cc:

- Conversor Boost.

