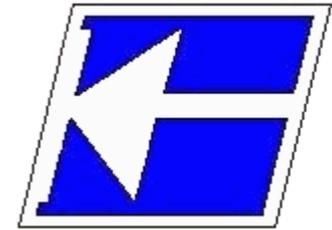


Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Departamento Acadêmico de Eletrônica

Eletrônica de Potência



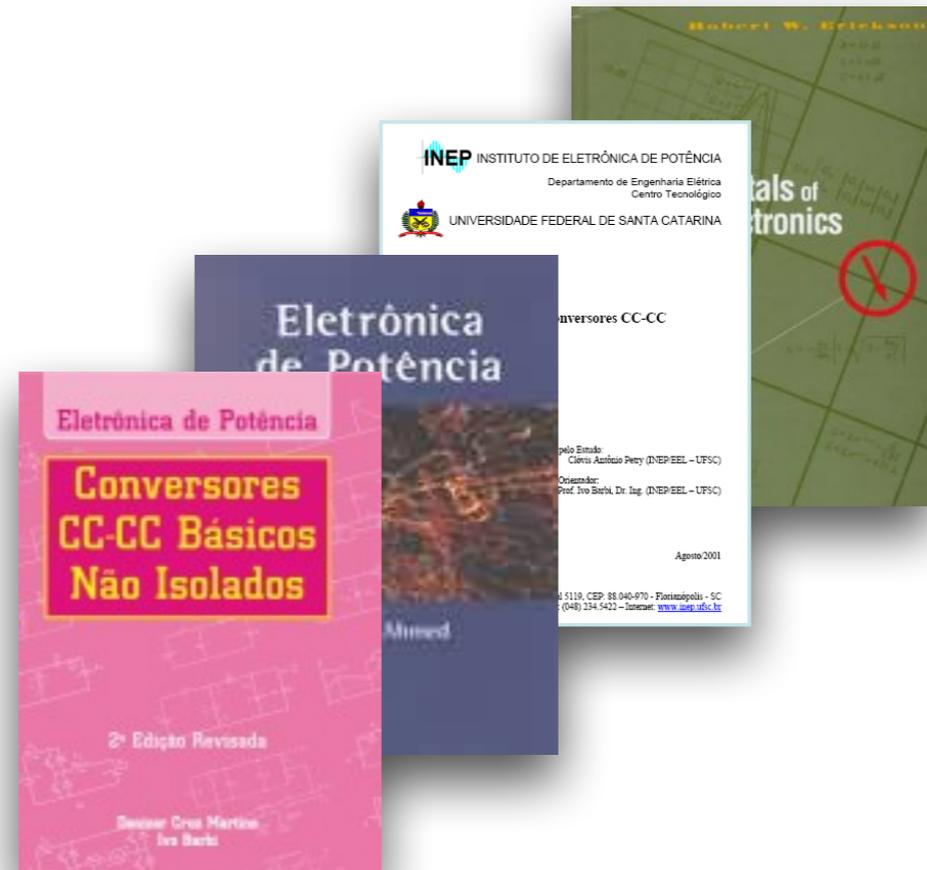
Conversores CC-CC Não-Isolados (Conversor Buck)

Prof. Clovis Antonio Petry.

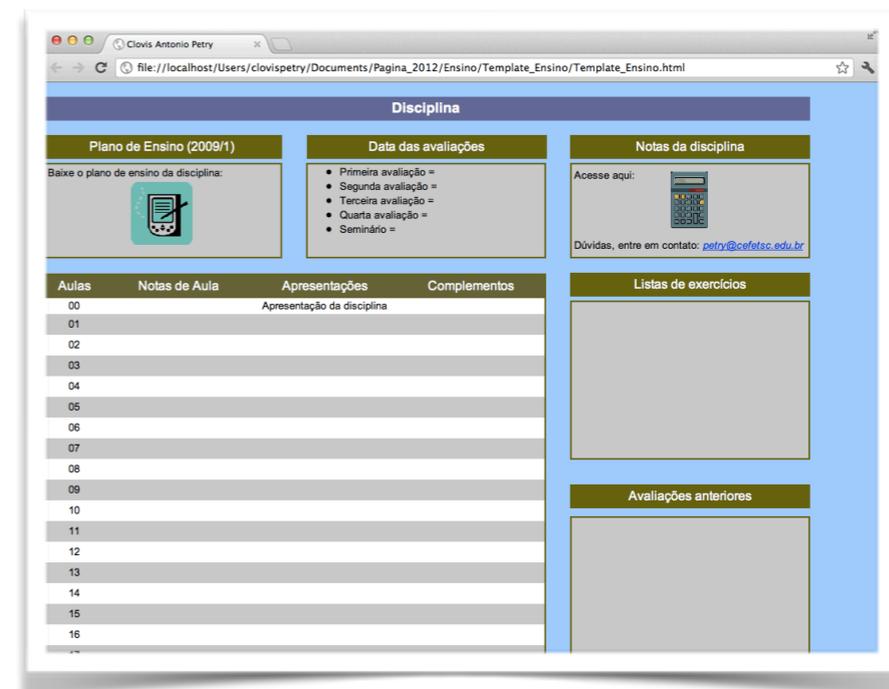
Florianópolis, março de 2020.

Capítulo 9 - Conversores cc-cc:

- Introdução aos conversores cc-cc.



www.ProfessorPetry.com.br



Screenshot of a web page for a discipline. The page is titled 'Disciplina' and contains the following 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
- Table with 4 columns: Aulas, Notas de Aula, Apresentações, Complementos**
- Listas de exercícios**
- Avaliações anteriores**

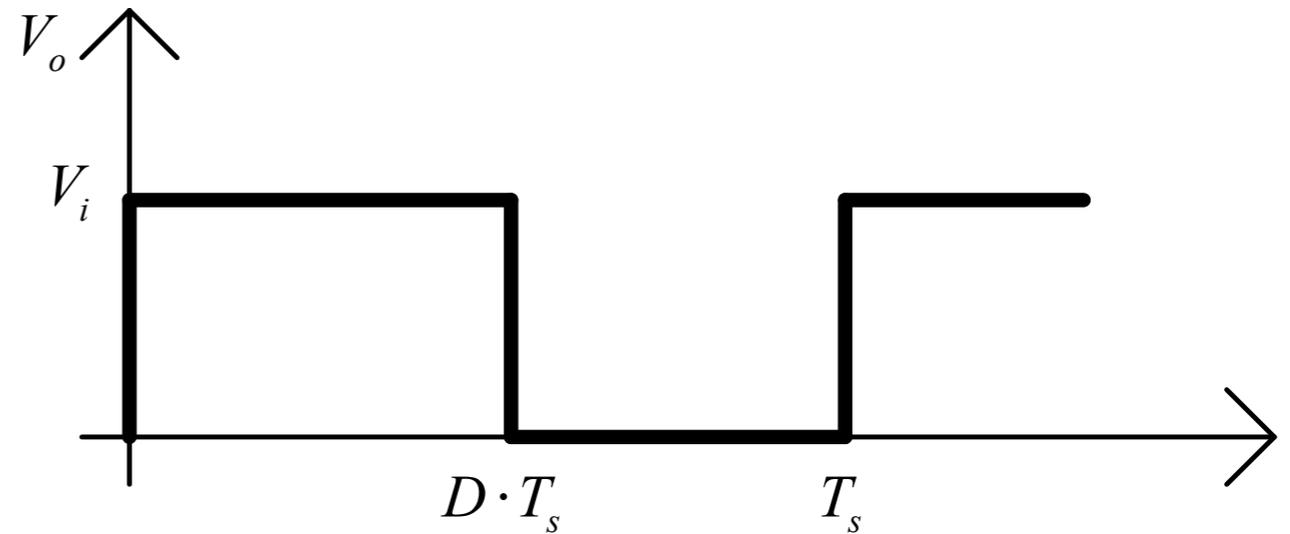
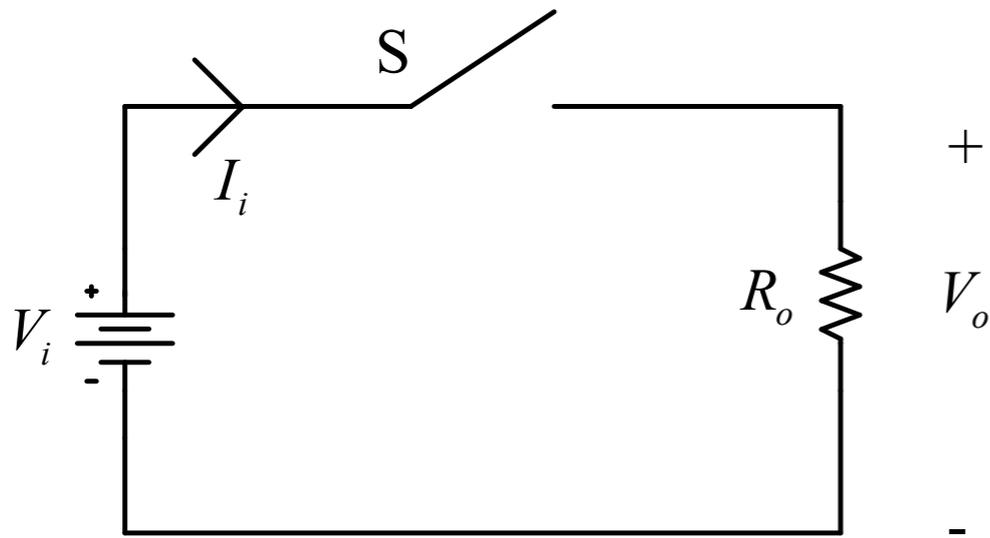
Aulas	Notas de Aula	Apresentações	Complementos
00		Apresentação da disciplina	
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Nesta Aula

Conversores cc-cc:

- Introdução;
- Conversor Buck;
- Exercícios.

Princípio Geral



Tensão média na saída:

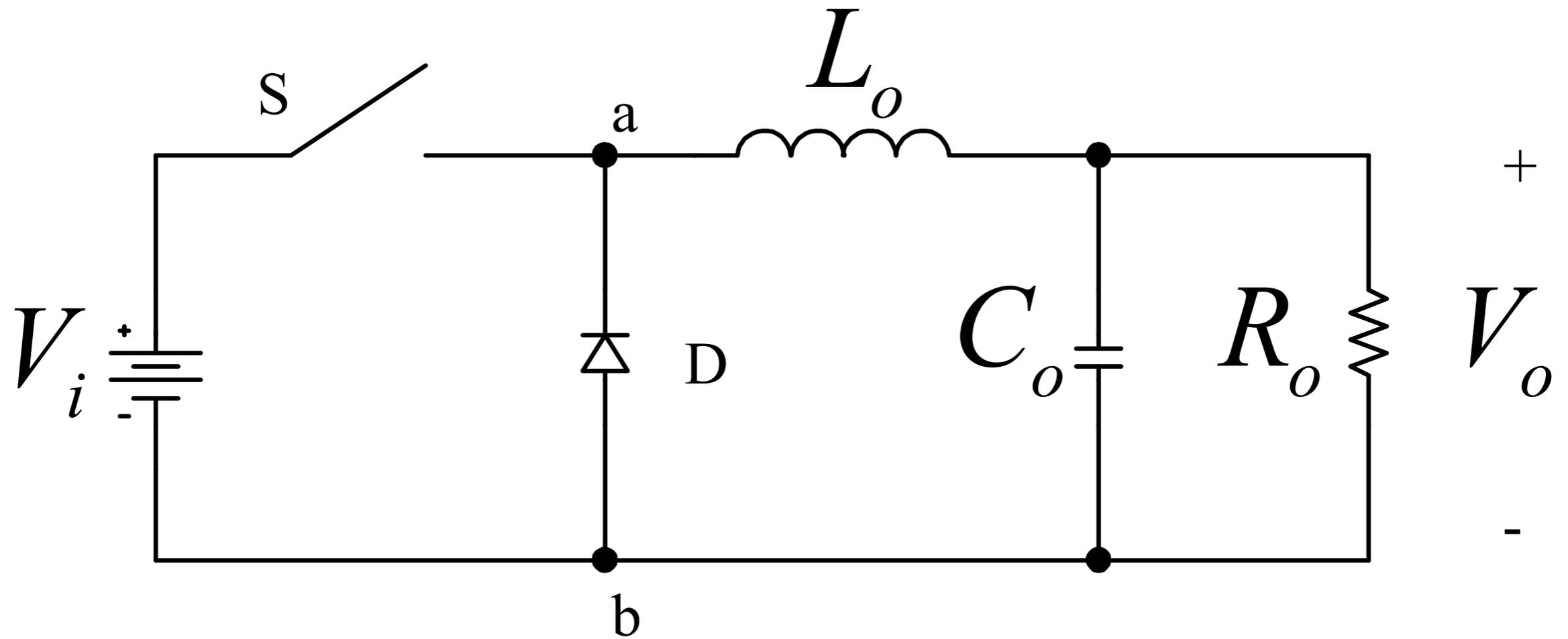
$$V_{med} = V_o = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

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

$$V_o = D \cdot V_i$$

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

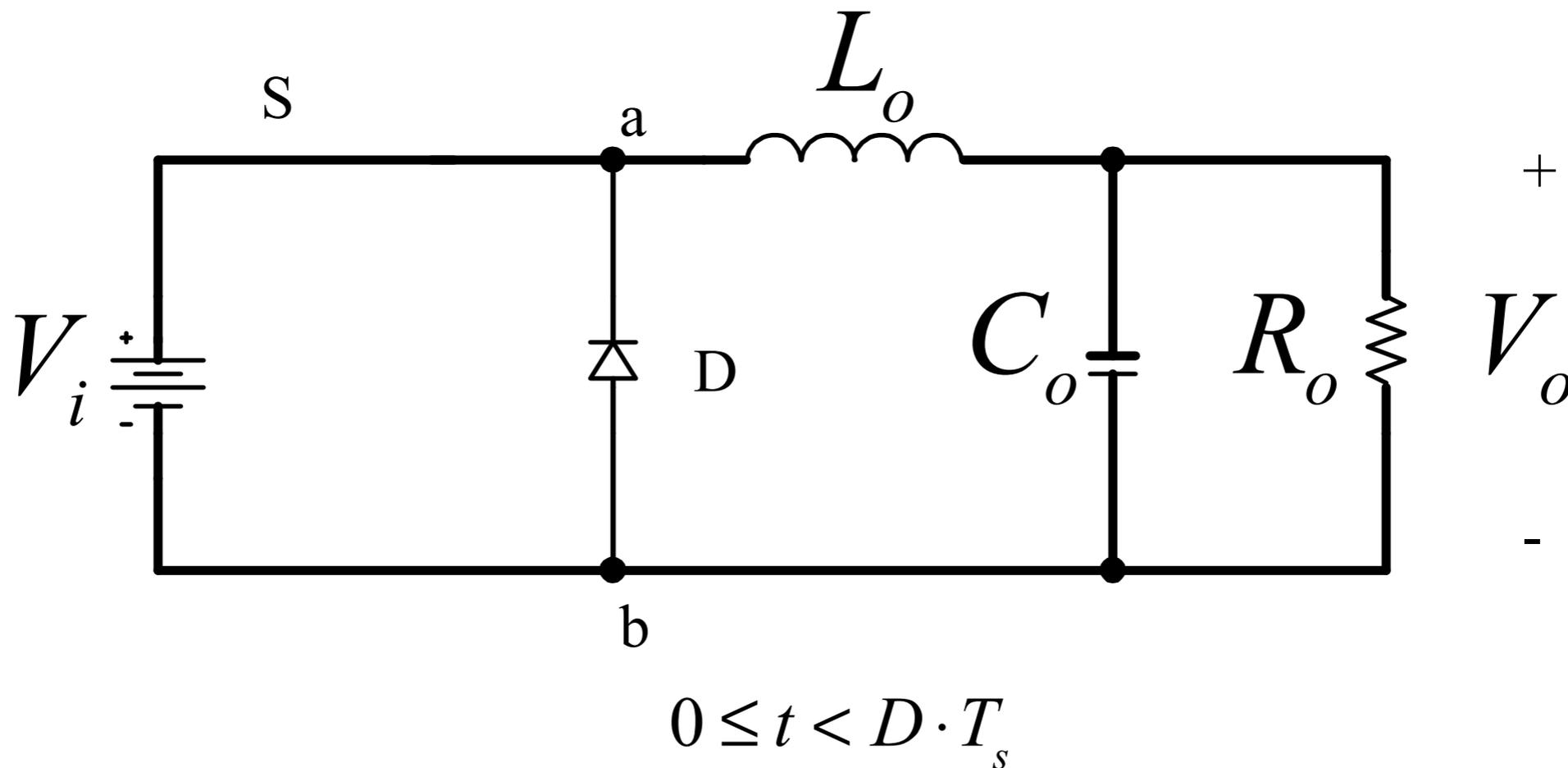
Conversor Buck



Conversor Buck

Primeira etapa de funcionamento:

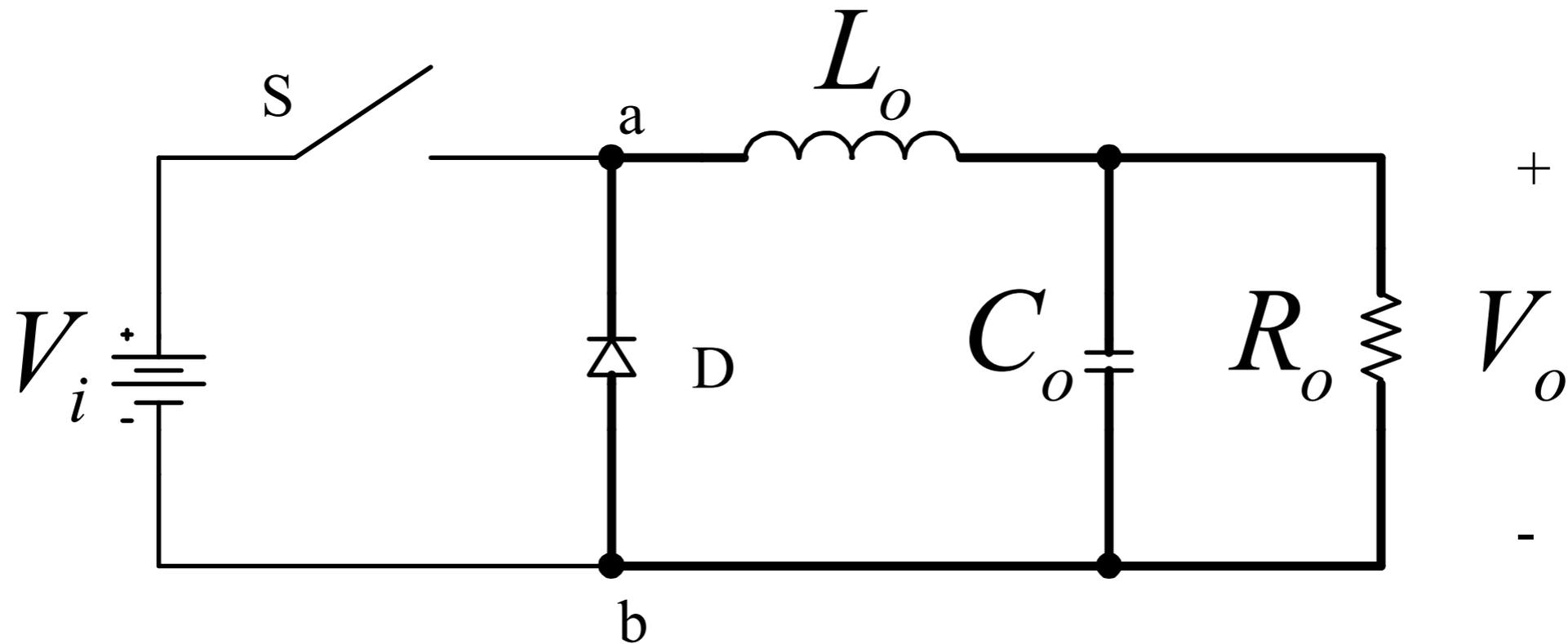
- Interruptor conduzindo;
- Diodo bloqueado;
- Energia sendo armazenada no indutor.



Conversor Buck

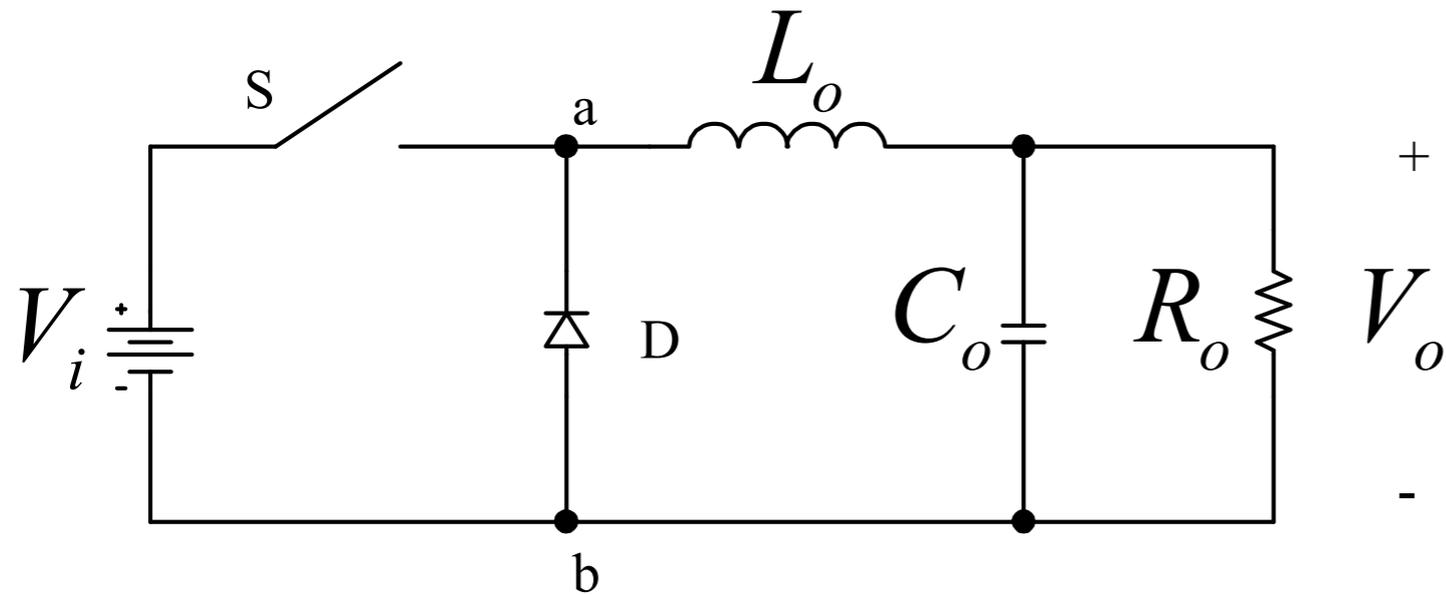
Segunda etapa de funcionamento:

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



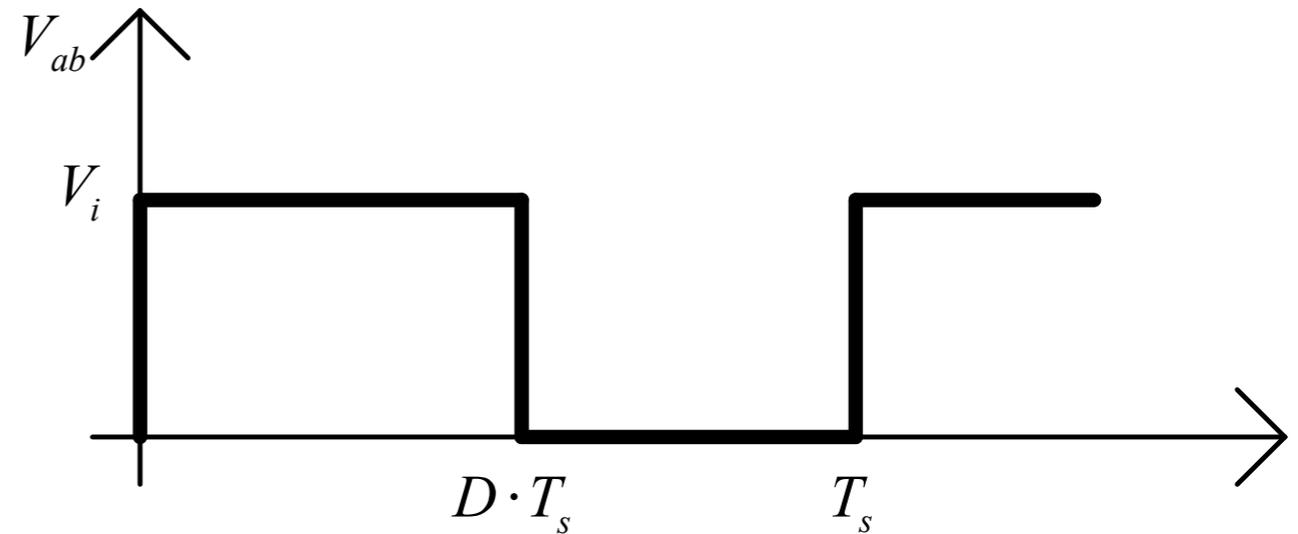
$$D \cdot T_s \leq t < T_s$$

Conversor Buck



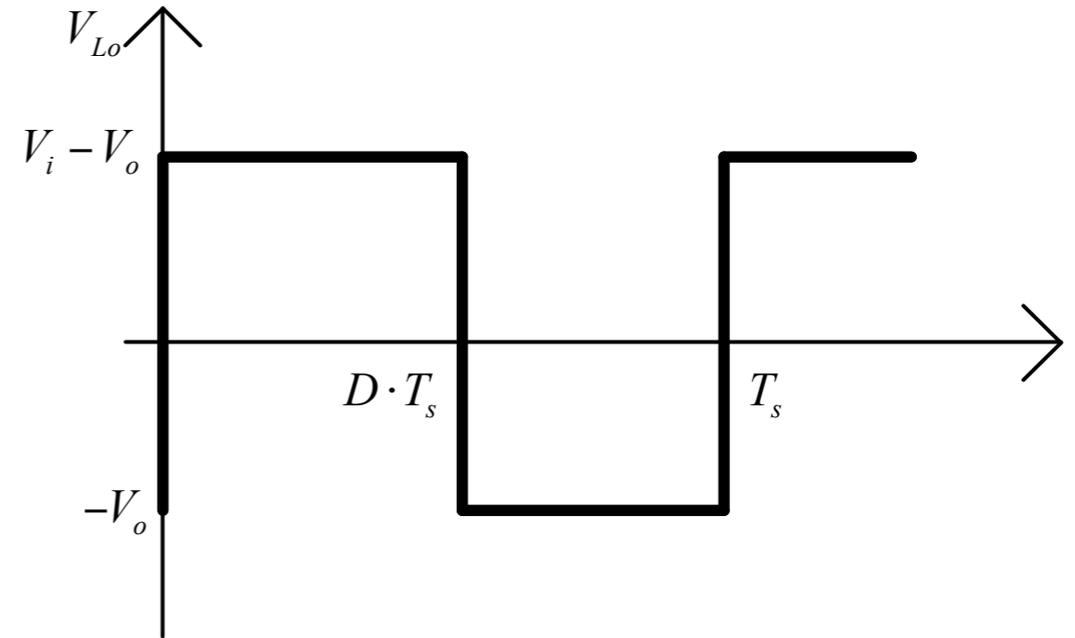
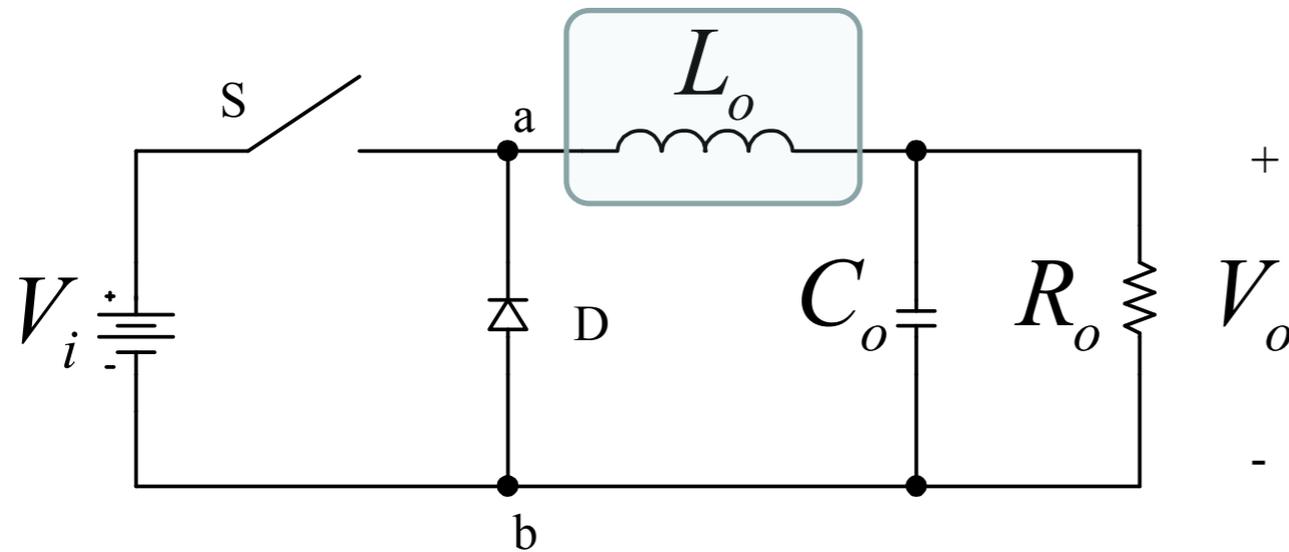
$$V_{med} = V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s]$$

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



Conversor Buck

Tensão média sobre o indutor:

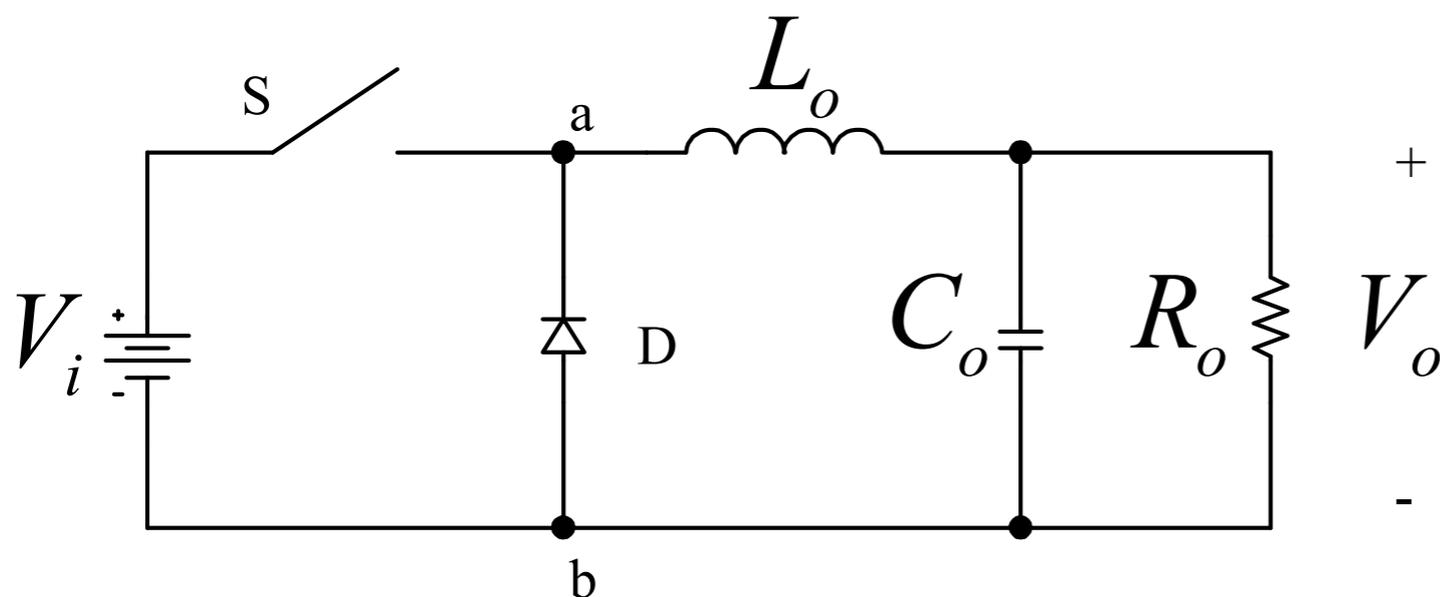


$$V_{Lo} = \frac{1}{T_s} \left[\left((V_i - V_o) \cdot D \cdot T_s \right) + \left(-V_o \cdot (T_s - D \cdot T_s) \right) \right]$$

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

$$V_{Lo} = 0$$

Conversor Buck



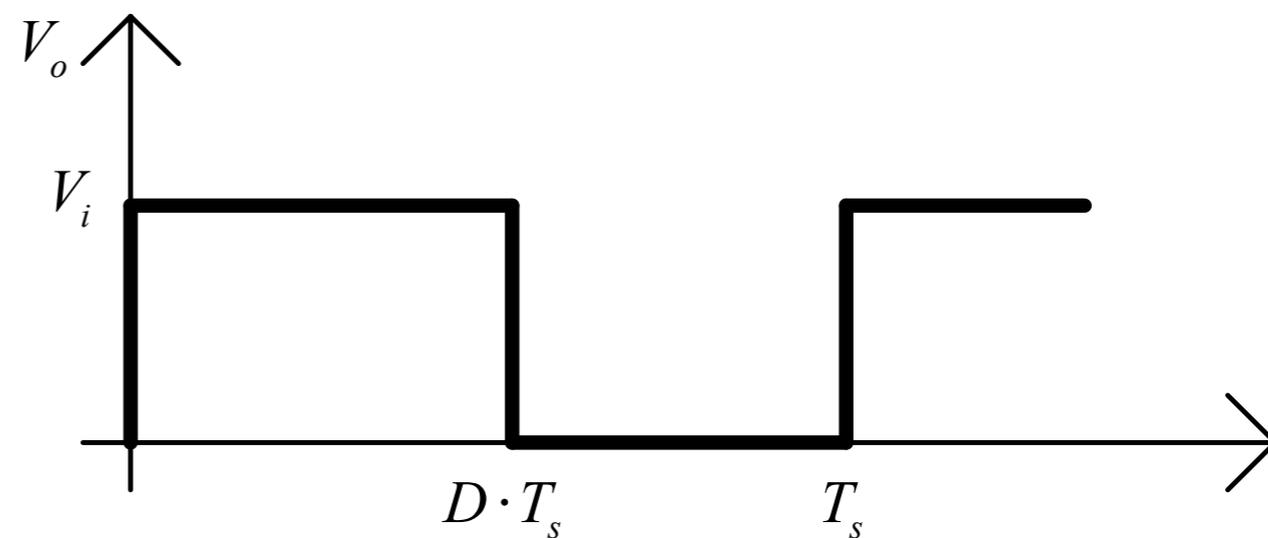
$$V_{ab} = \frac{1}{T_s} [V_i \cdot D \cdot T_s] = V_i \cdot \frac{T_{on}}{T_s}$$

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

$$V_o = V_{ab}$$

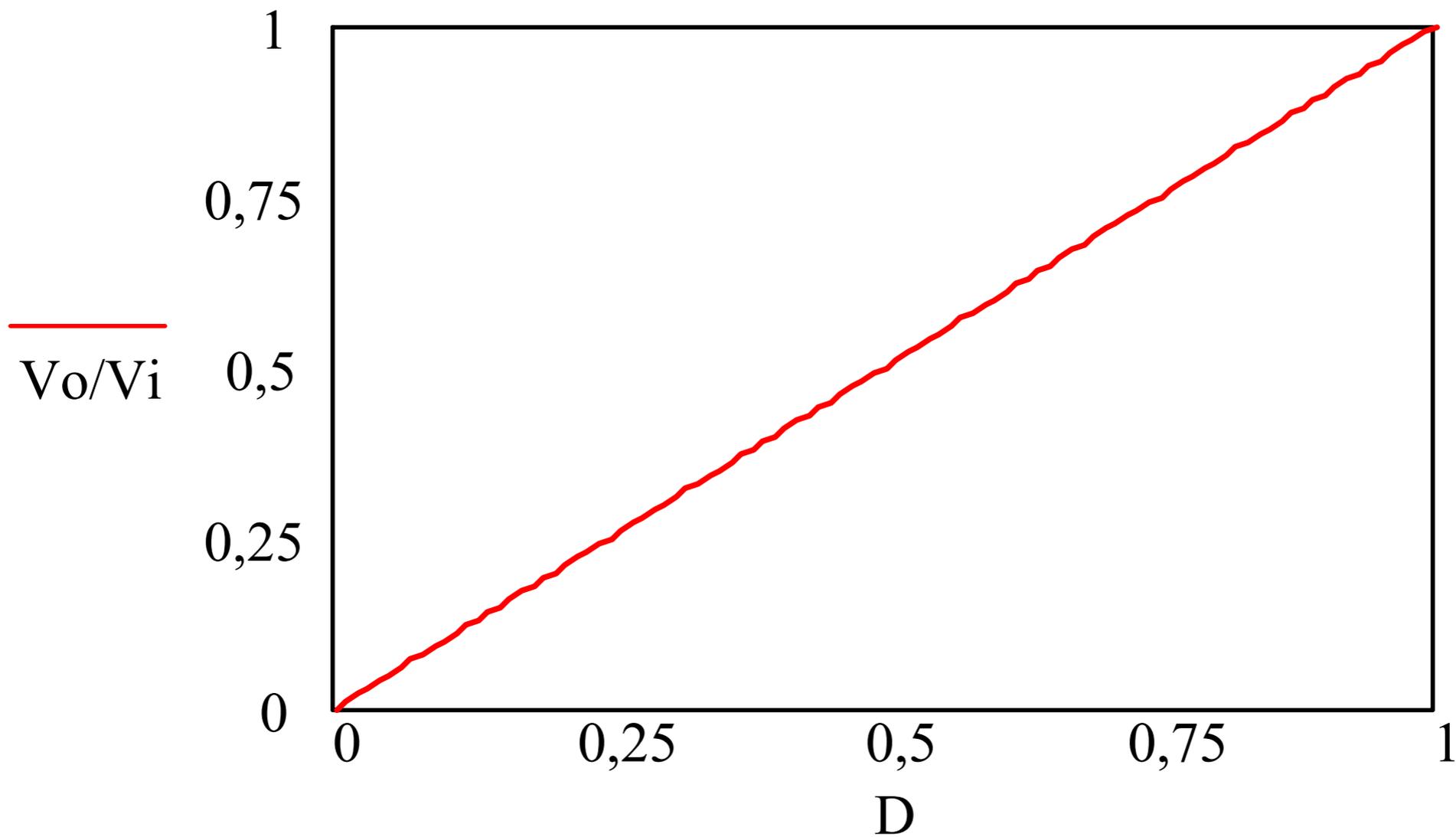
$$V_o = D \cdot V_i$$

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



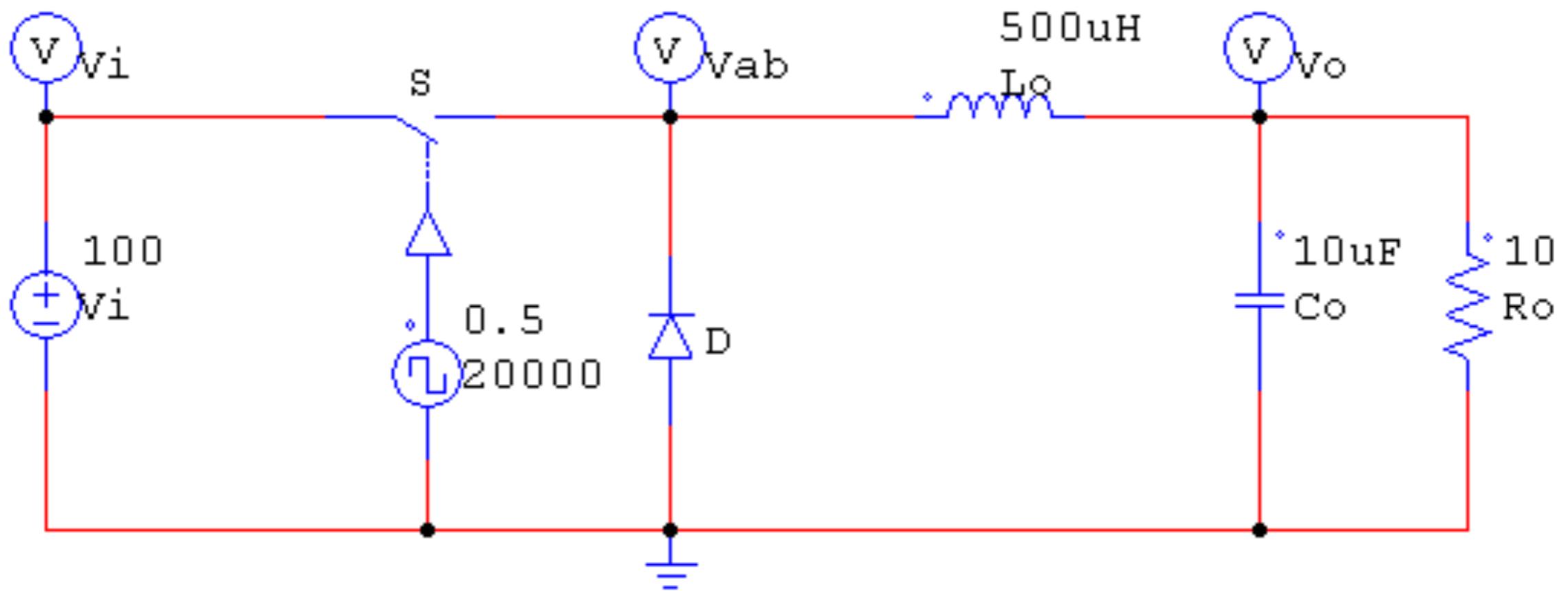
Conversor Buck

Ganho estático em função da razão cíclica:



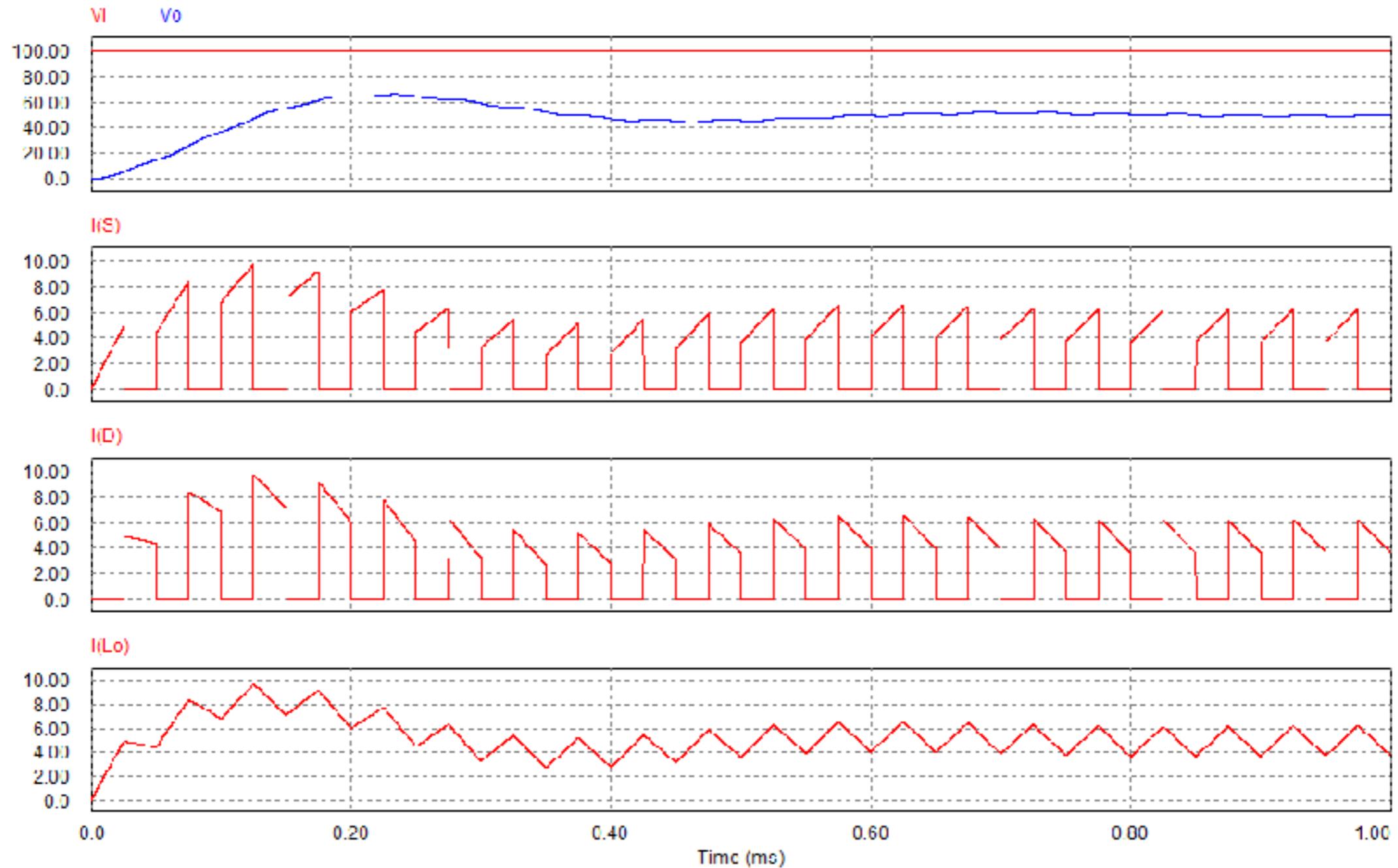
Conversor Buck

Principais formas de onda (circuito simulado):



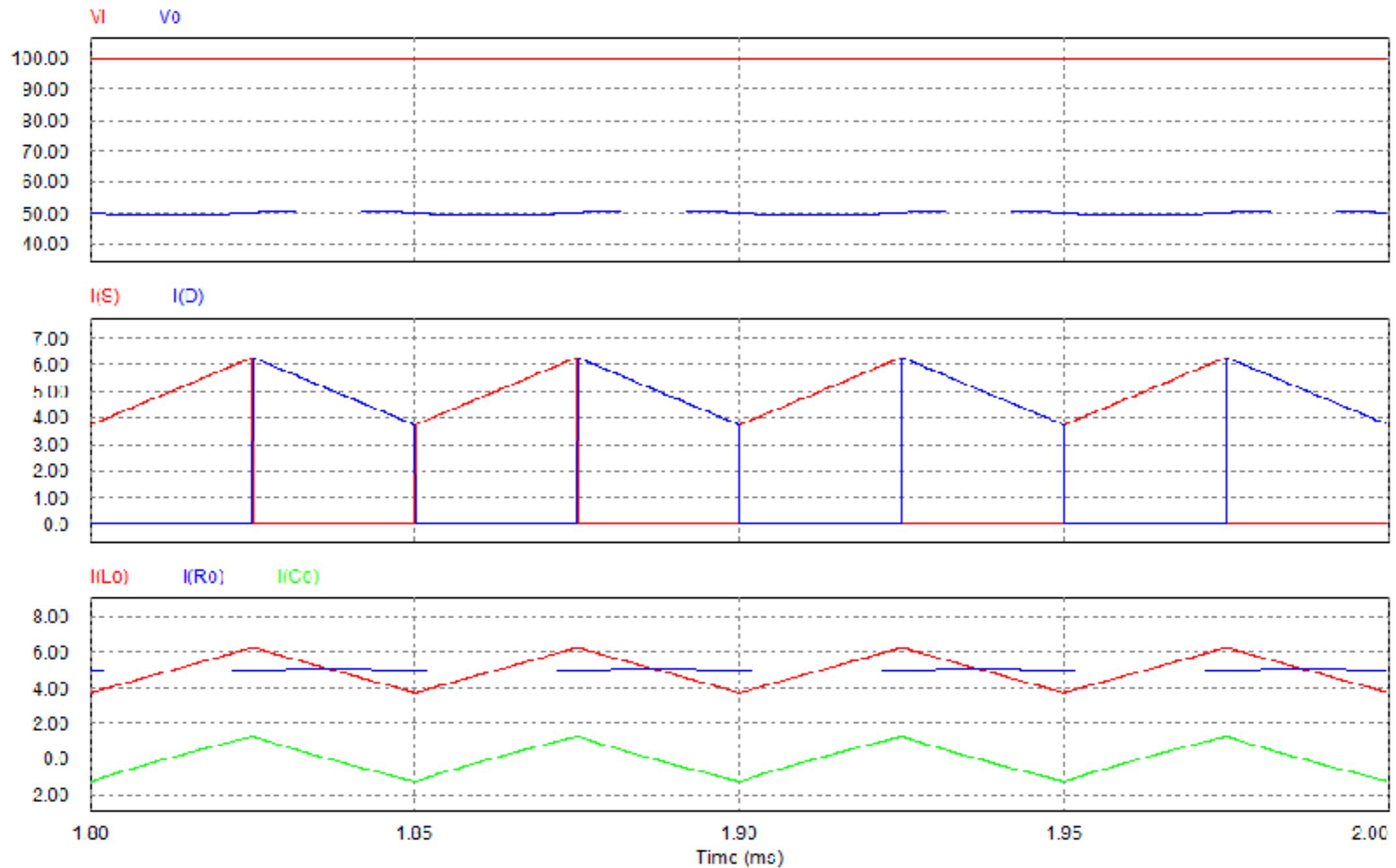
Conversor Buck

Principais formas de onda (transitório de partida):



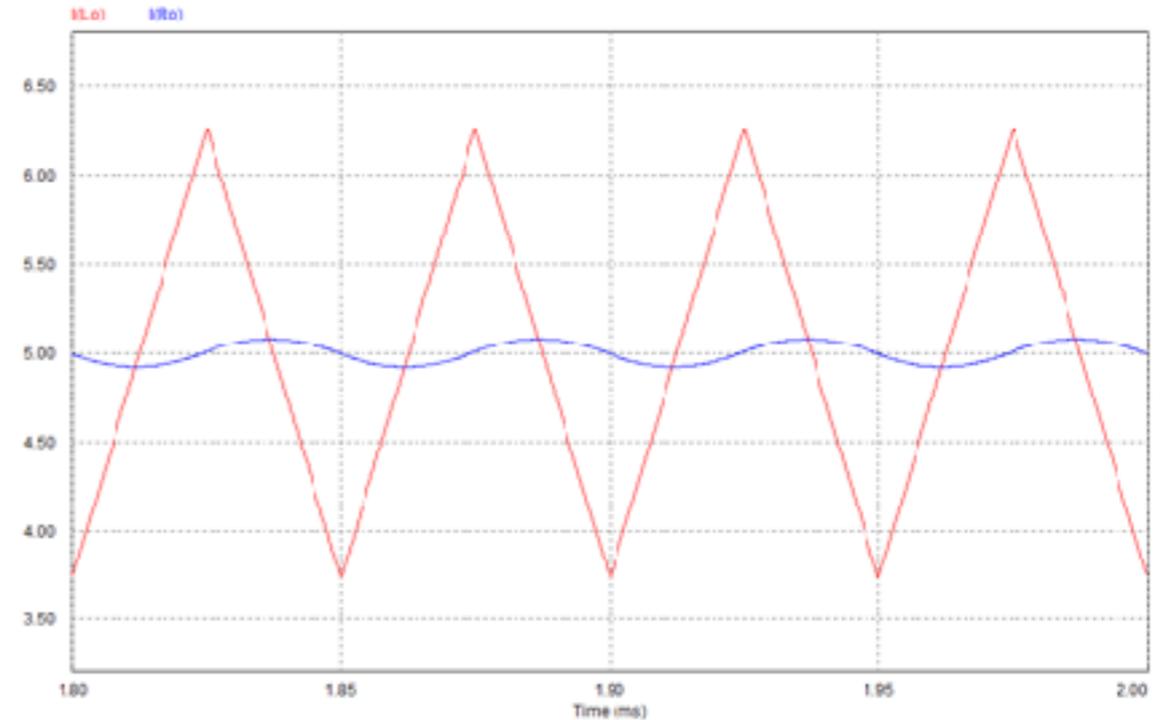
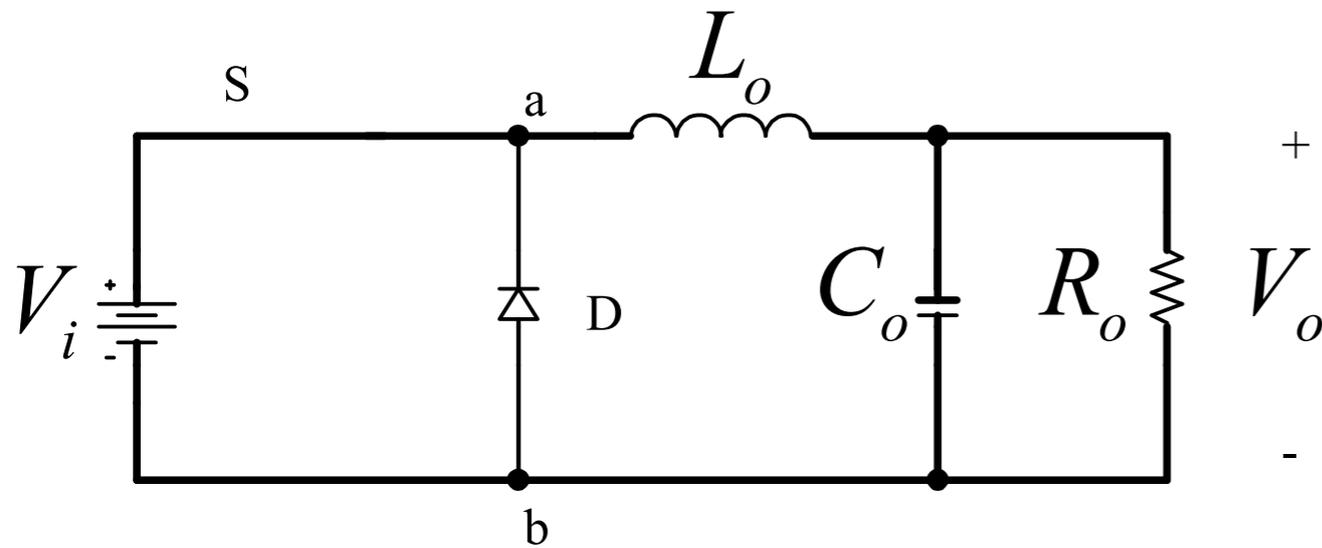
Conversor Buck

Principais formas de onda (regime permanente):



Conversor Buck

Ondulação de corrente em L_o :



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

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

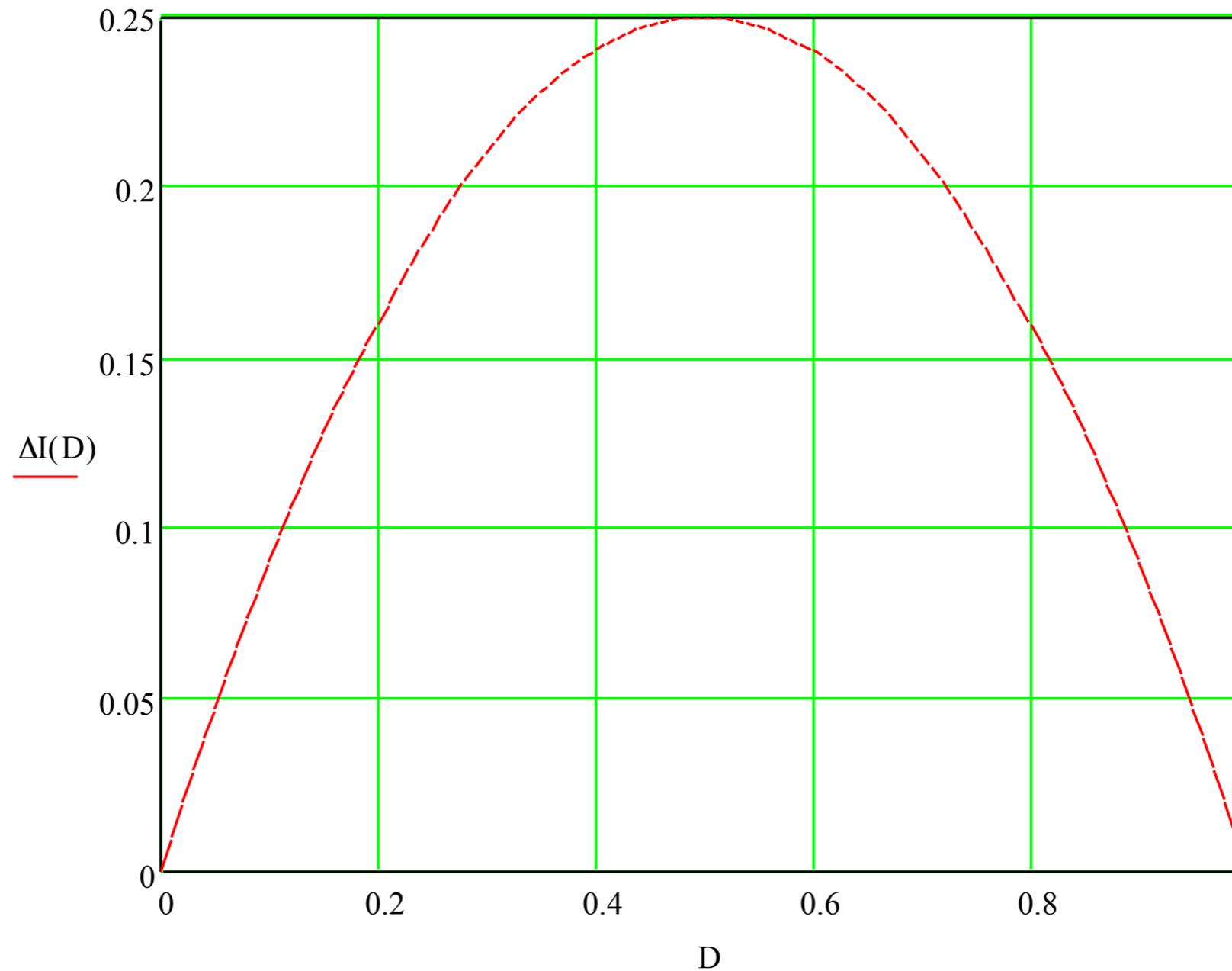
$$\Delta I_{L_o} = \frac{V_{L_o} \cdot \Delta T}{L_o}$$

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

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 :

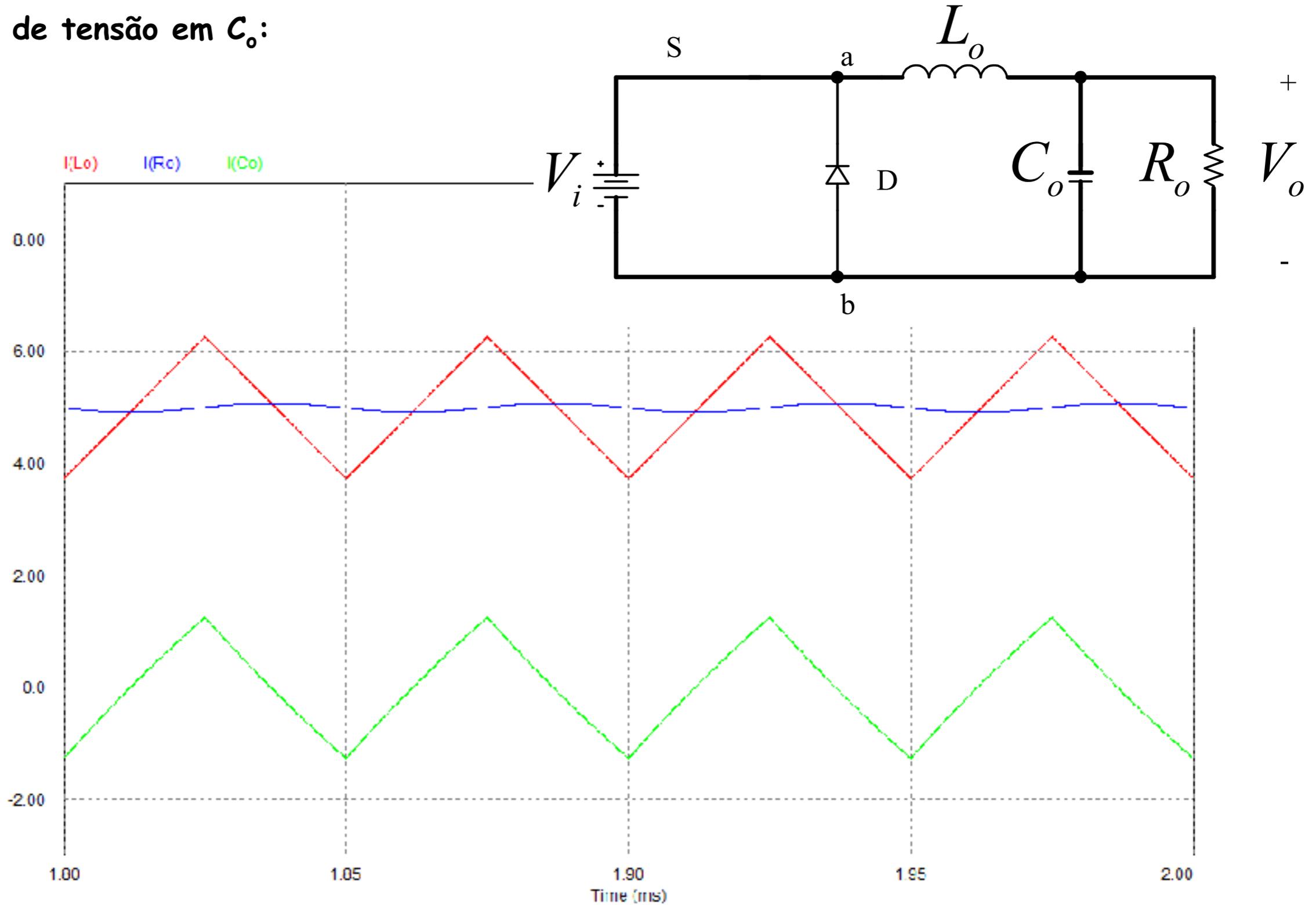
$$\Delta I_{L_o_max} = \frac{V_i}{L_o \cdot F_s} D \cdot (1 - D)$$

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

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

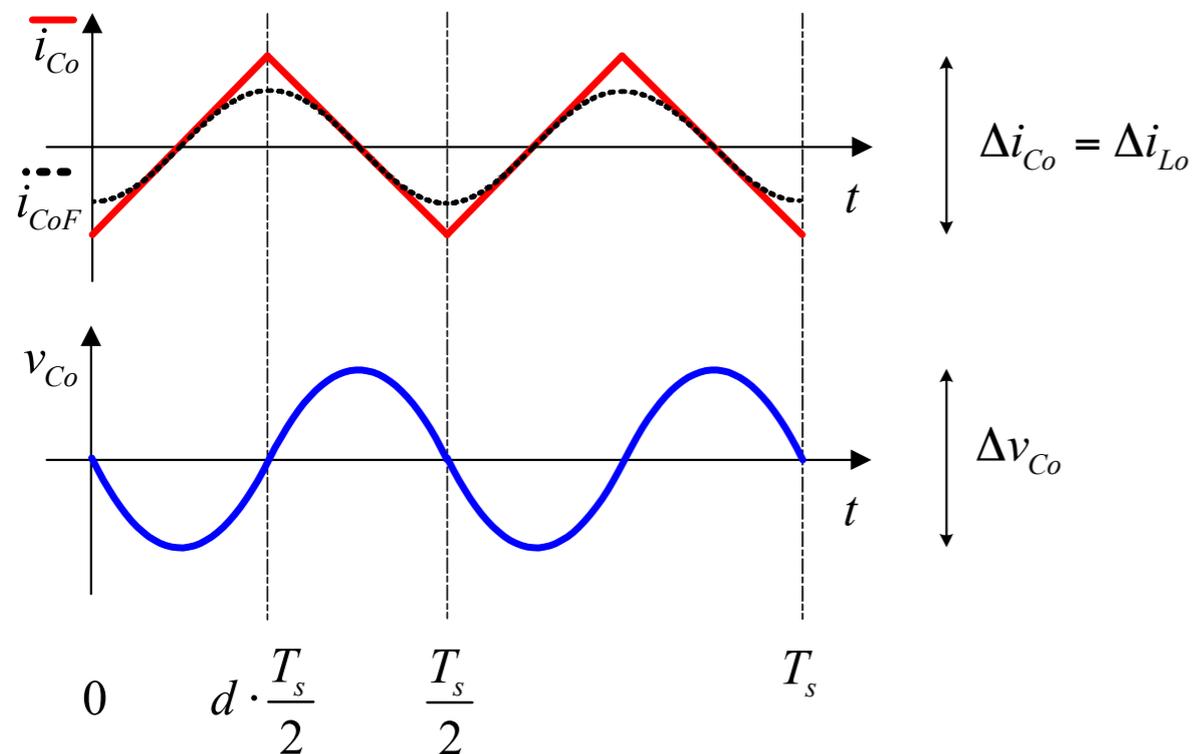
Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :



Conversor Buck

Ondulação de tensão em C_o :

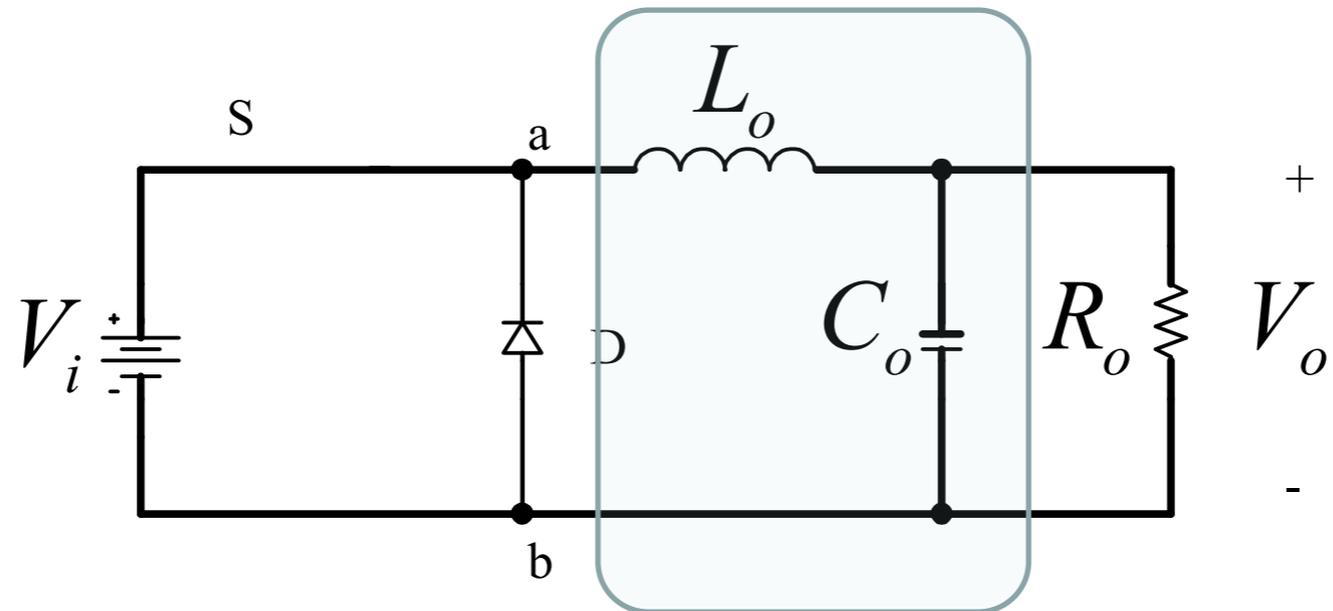


$$\Delta V_{Co_max} = \frac{V_i}{31 \cdot L_o \cdot C_o \cdot F_s^2}$$

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

Conversor Buck

Filtro de saída (frequência de ressonância):

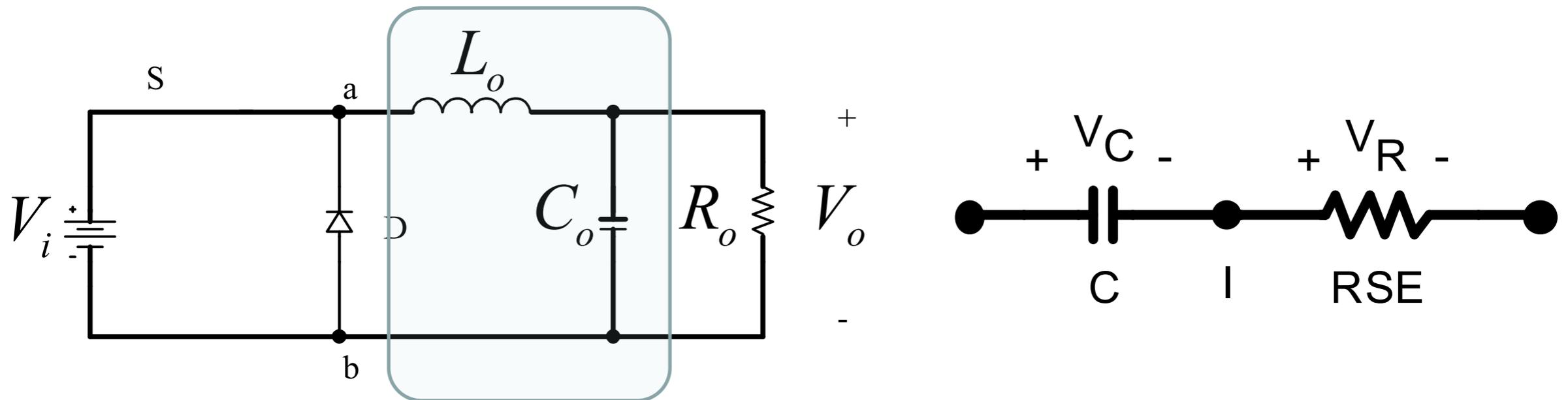


$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_o \cdot C_o}}$$

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

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

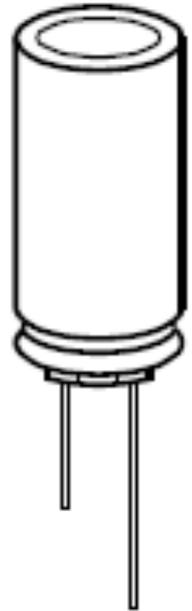
$$C_o = 1,25 \mu F$$

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

$$C_o = 47 \mu F$$

Aluminum Electrolytic Capacitors - Single-ended

Number of Products	2	Uelo
Parameters	Search Criteria	
Rated voltage (VDC)	50	
Capacitance (μF)	47	
Rated ripple current 120 Hz, upper cat. temp. (mA)	115	
Diameter (mm)	8.3	
Length (mm)	11	
Upper category temperature ($^{\circ}C$)	105	
Useful life (at upper cat. temp.) (h)	>2000	
Type	B41851	



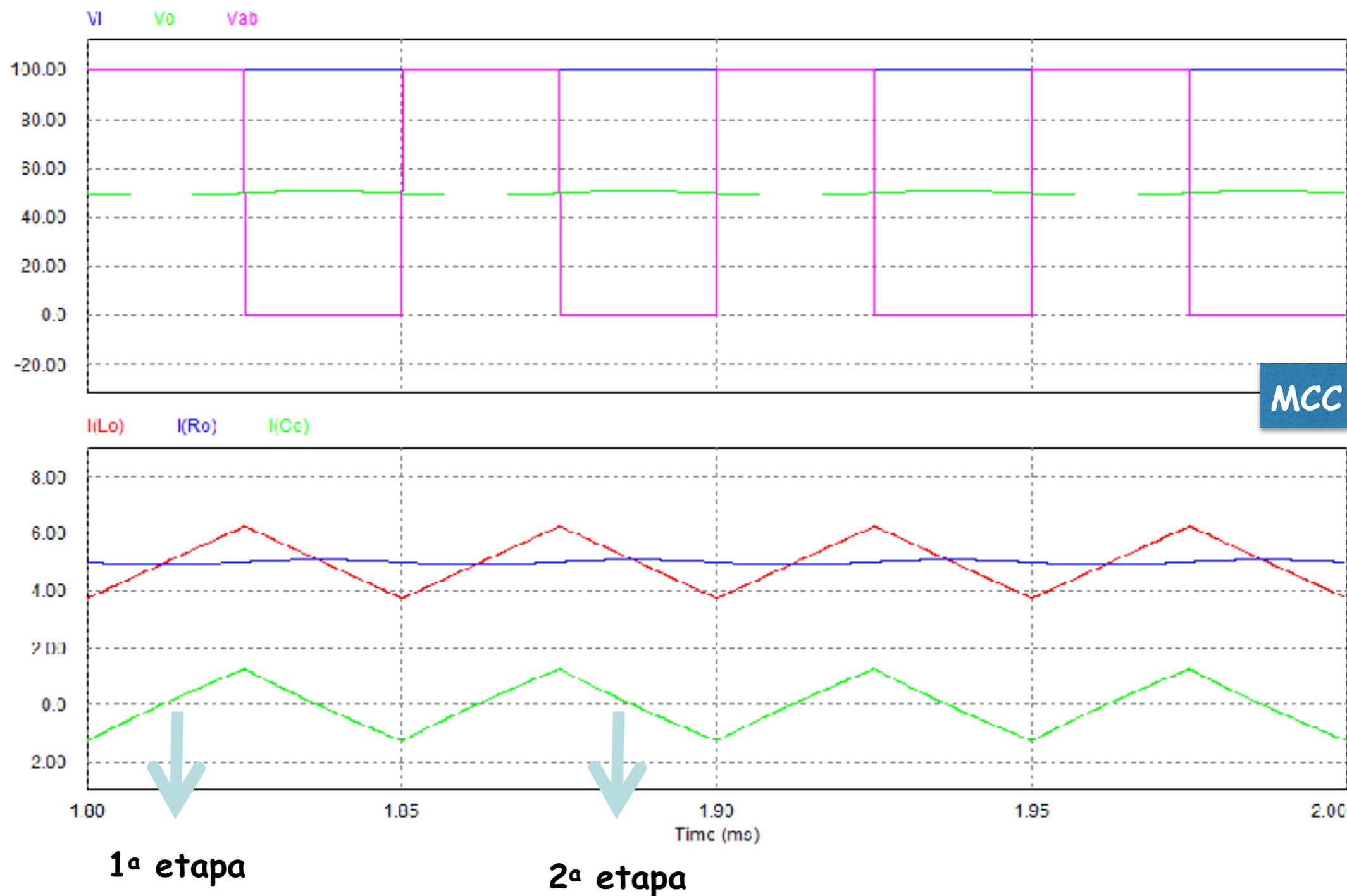
www.epcos.com

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***

$V_R = 50 V DC$

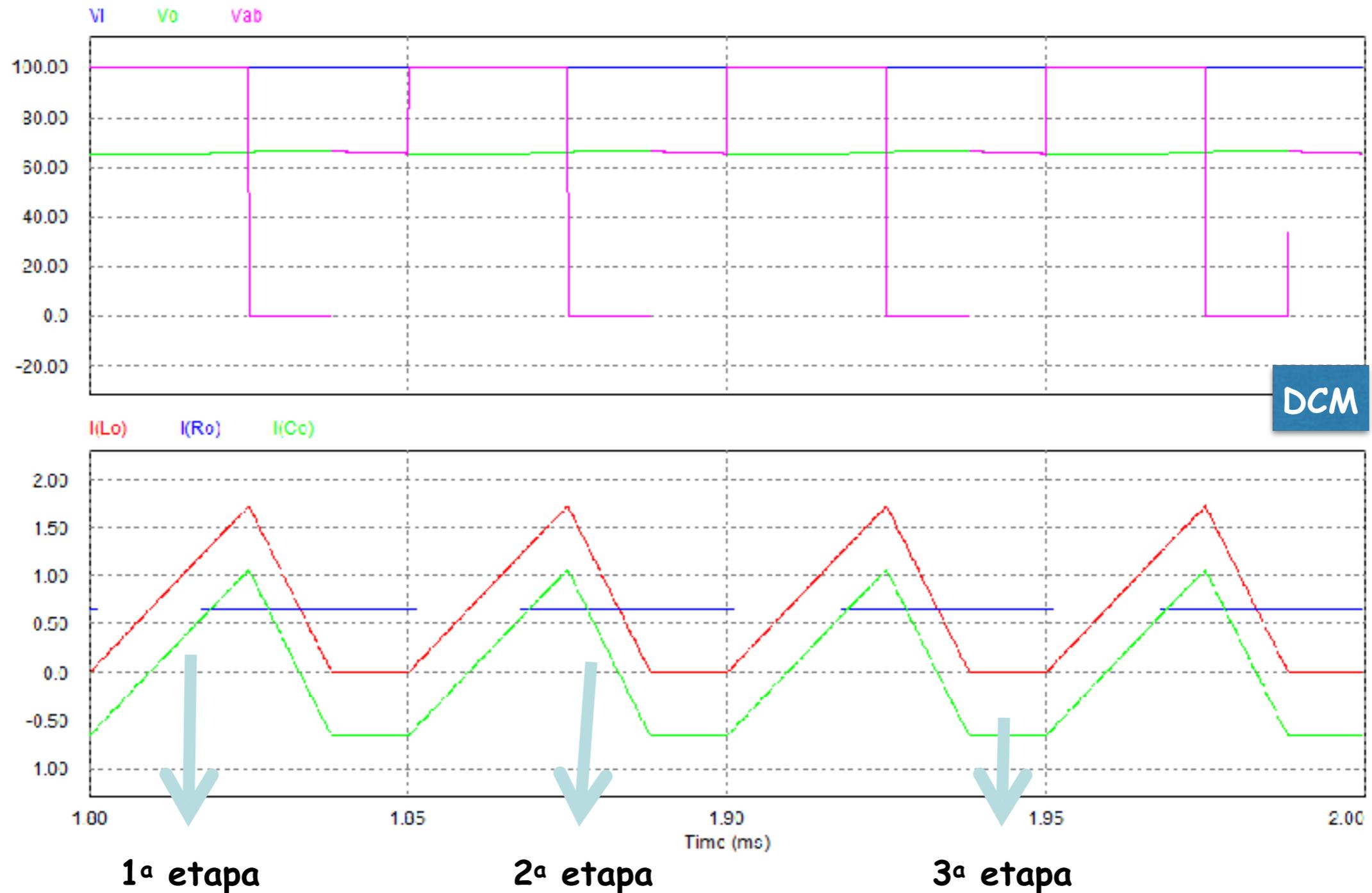
Conversor Buck

Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

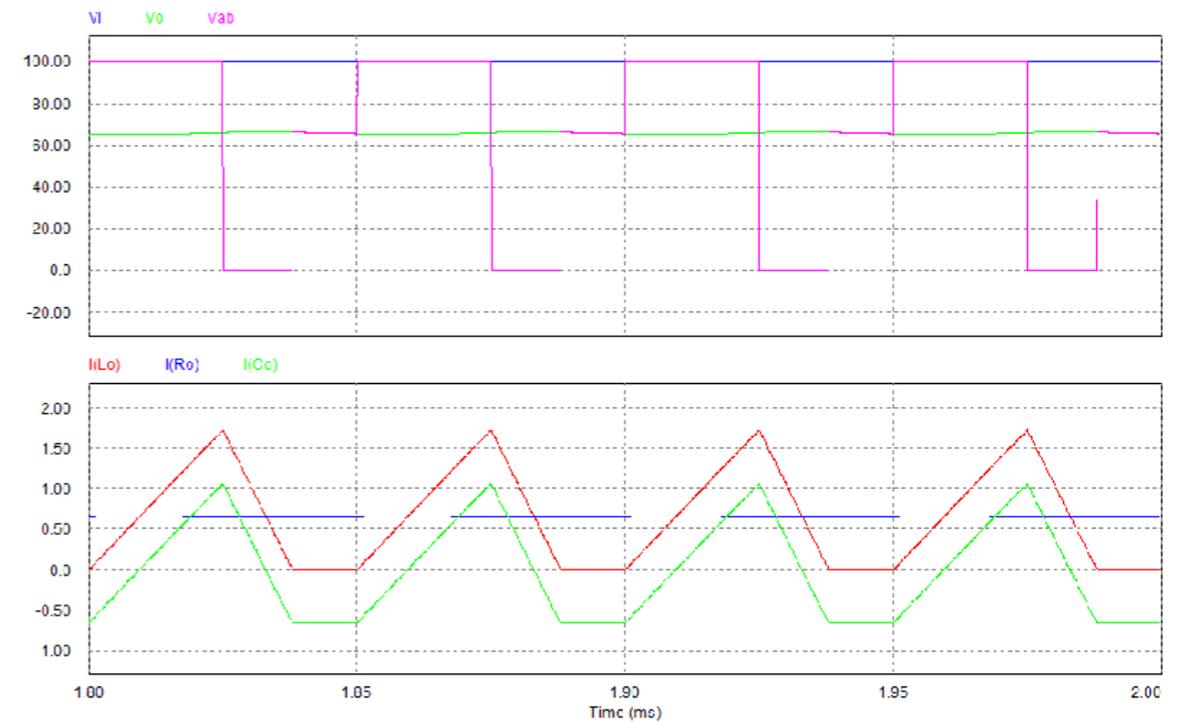
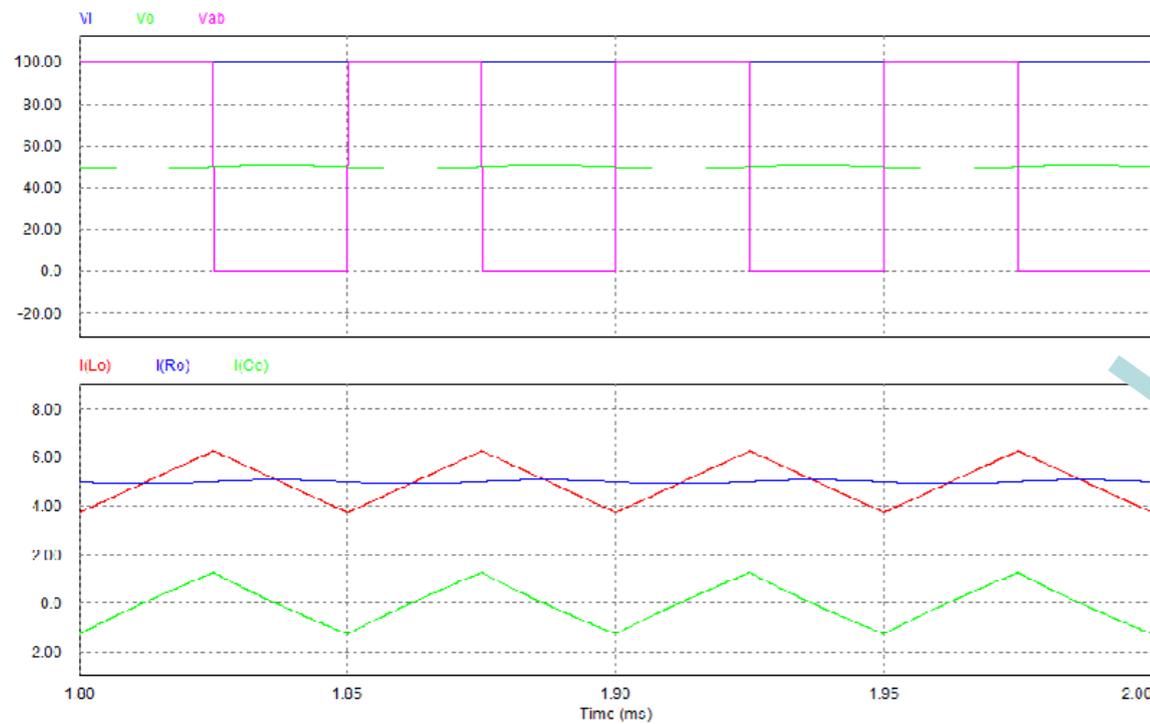
Condução contínua (MCC) e descontínua (DCM):



Conversor Buck

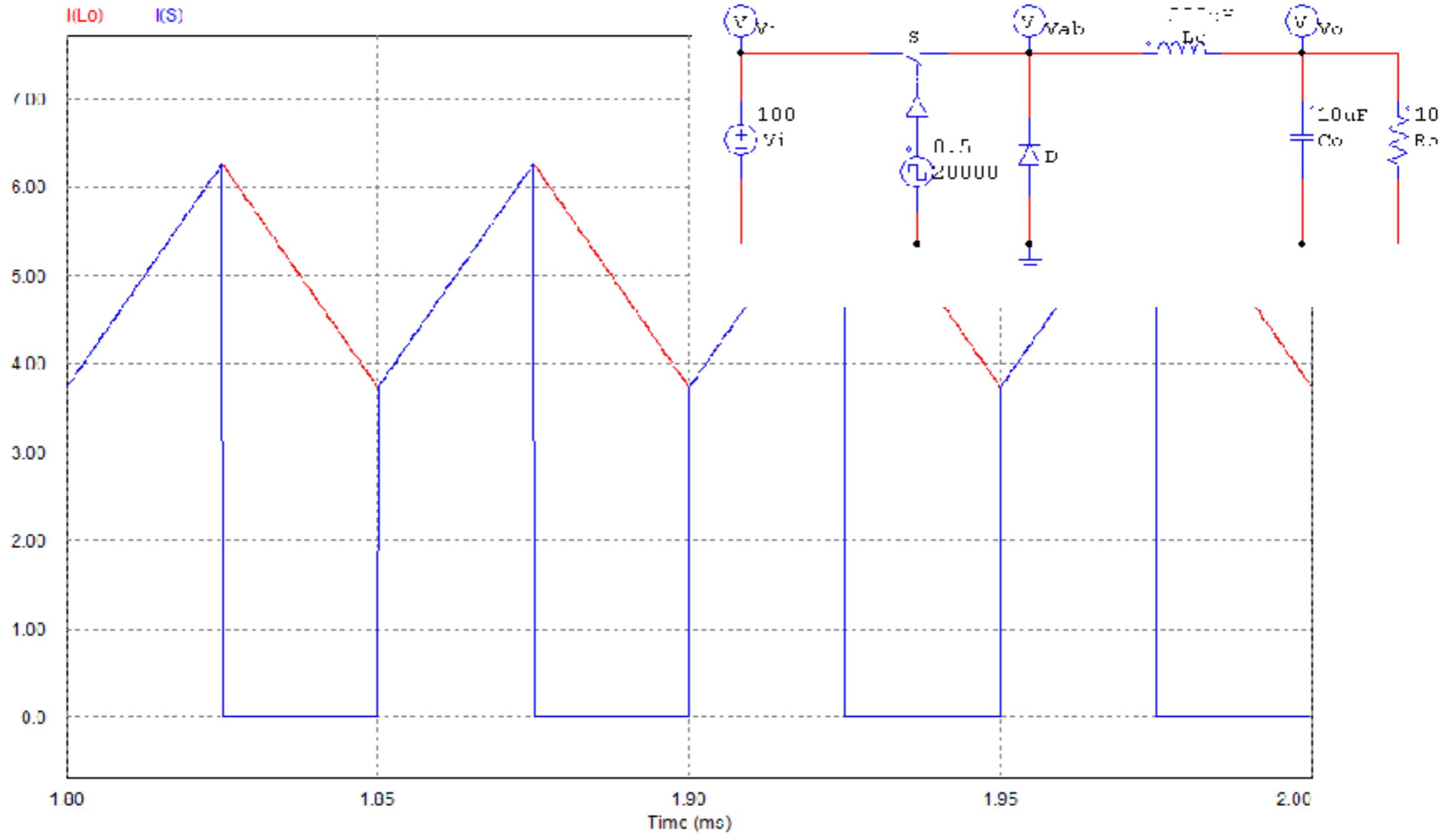
Condução contínua (MCC) para descontínua (DCM):

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



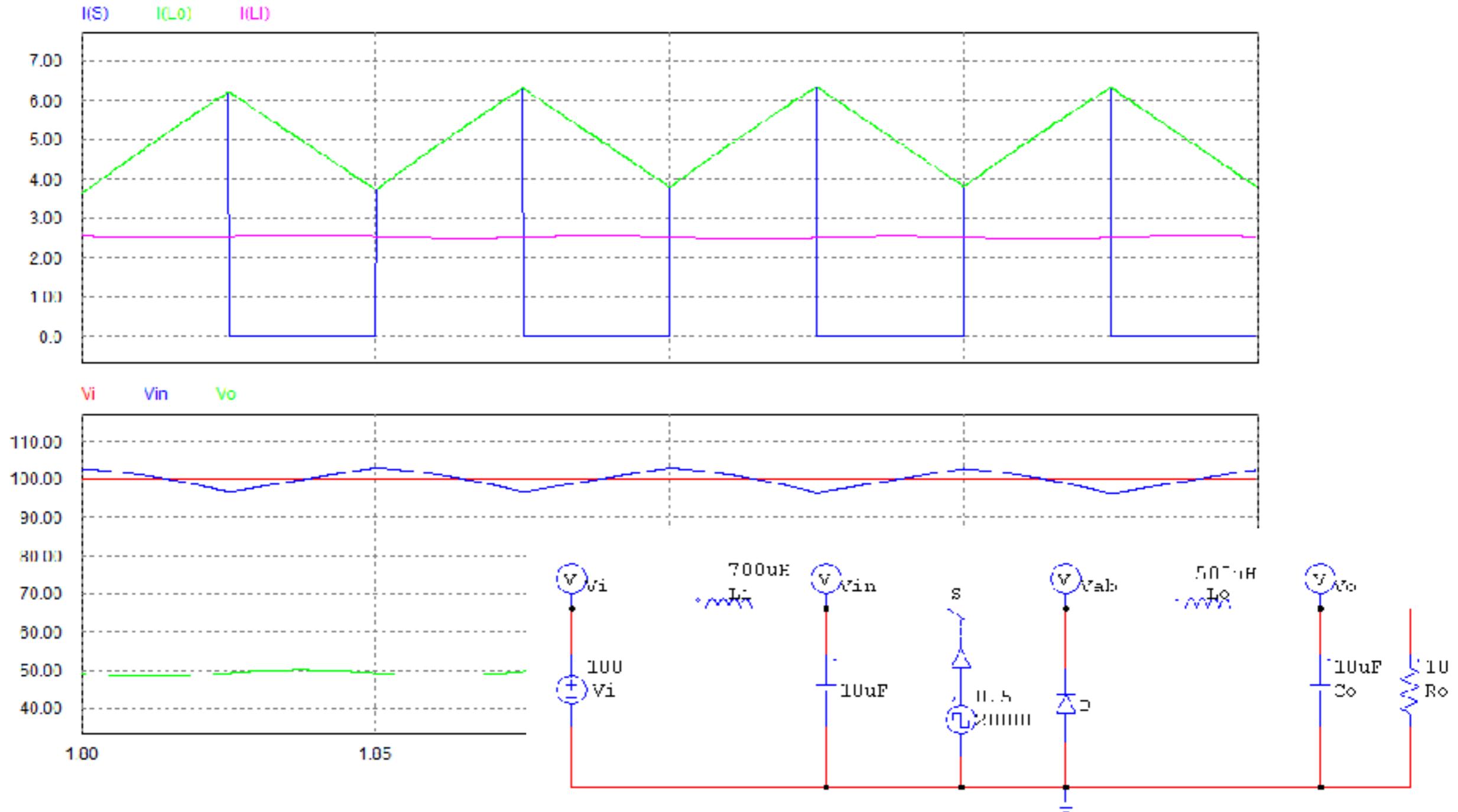
Conversor Buck

Filtro de entrada (corrente na fonte sem filtro):



Conversor Buck

Filtro de entrada (corrente na fonte com filtro):

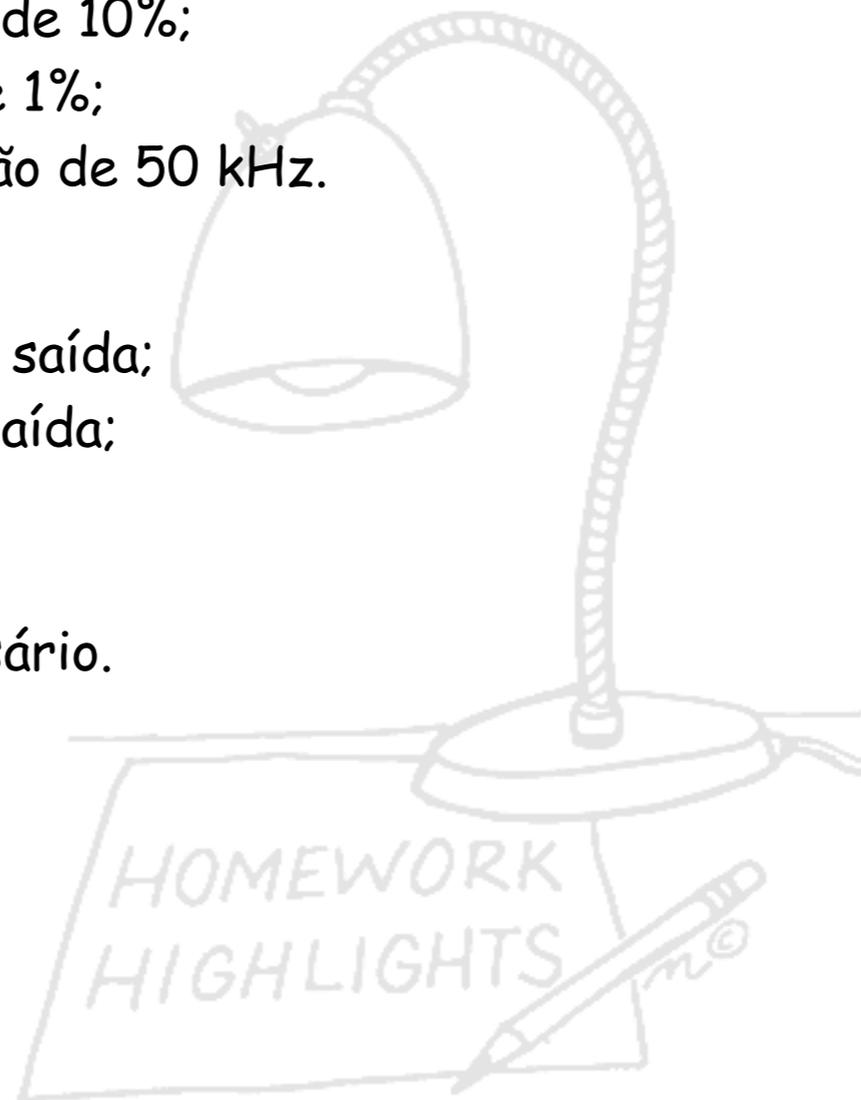


Exercício 4) Faça o projeto de um conversor Buck considerando:

- 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.

