



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

# Engenharia Eletrónica Industrial e Computadores

---

## Projeto 1

---

*Autores:*

Alexandra Rodrigues a85542

Nuno Rodrigues a85207

*Orientadores:*

Dr. Gabriel Pinto

Professor Luís Barros

## **Lista de Acrónimos**

**CC** Corrente contínua

**CA** Corrente alternada

**DC** Duty cycle

**Vi** Tensão de entrada

**Vo** Tensão de saída

**PWM** Modulação de largura de pulso

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentos Teóricos</b>	<b>2</b>
2.1	Conversor CC-CC step down . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Design e simulação</b>	<b>3</b>
3.1	Conversor CC-CC step-down com controlo analógico . . . . .	3
3.1.1	Dimensionamento do circuito de controlo . . . . .	3
3.1.2	Simulação em PSIM . . . . .	4
3.2	Conversor CC-CC step-down com controlo digital . . . . .	5
3.2.1	Dimensionamento do circuito de controlo . . . . .	5
3.2.2	Simulação em PSIM . . . . .	6

## Lista de Figuras

1	Esquema elétrico conversor CC-CC step-down . . . . .	2
2	Esquema elétrico do circuito integrado TL494 . . . . .	3
3	Esquema elétrico do circuito integrado HCPL 3120 . . . . .	4
4	Diagrama de simulação do conversor CC-CC step-down com controlo em malha aberta . . . . .	4
5	Relação entre tensão de entrada e saída no conversor CC-CC step-down	5
6	Esquema elétrico do circuito integrado HCPL 3120 com controlo digital	5
7	Diagrama de simulação do conversor CC-CC step-down com controlo digital . . . . .	6
8	Relação entre tensão de entrada e saída no conversor CC-CC step-down com controlo digital, $k_p = 1$ , $k_i = 0.05$ . . . . .	6

# 1 Introdução

## 2 Fundamentos Teóricos

### 2.1 Conversor CC-CC step down

O conversor CC-CC step down, também conhecido como Buck, é composto por um semicondutor a funcionar como interruptor, tipicamente IGBTs ou MOSFETs, uma bobina, um díodo e um condensador. Este tipo de conversor, tal como o nome indica, serve para baixar a tensão de entrada.

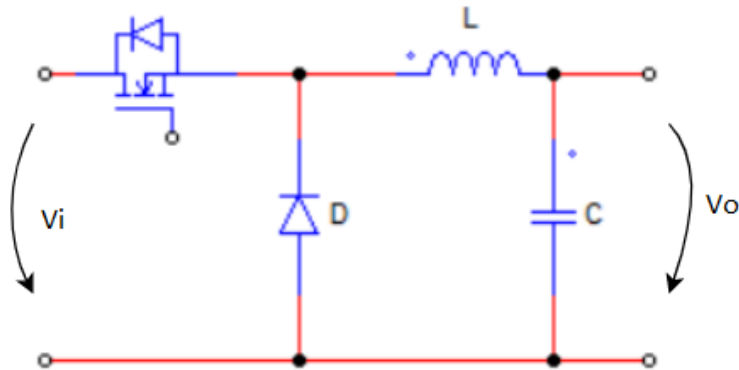


Figura 1: Esquema elétrico conversor CC-CC step-down

A atuação deste conversor é feita através da aplicação de um sinal de PWM na gate do MOSFET, cujo duty cycle determina o valor de saída seguindo a equação:

$$V_o = DC.V_i \quad (1)$$

A atuação pode ser feita de forma analógica ou digital. tendo sempre em atenção que é necessário isolar o circuito de controlo do circuito de potência. Este isolamento pode ser feito pelo circuito integrado HCPL 3120 que é alimentado por uma fonte isolada. Para além deste isolamento, é preciso também ter o cuidado de proteger a gate do MOSFET usando díodos zener e as resistências de proteção de gate.



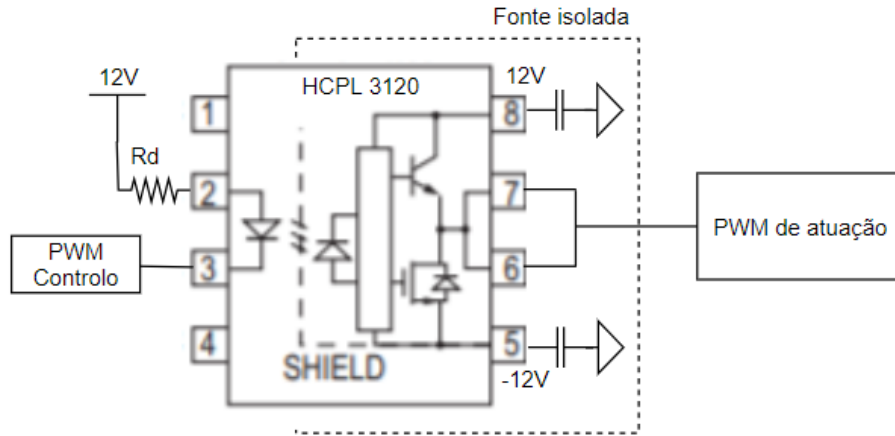


Figura 3: Esquema elétrico do circuito integrado HCPL 3120

$$R_d = \frac{V_{cc} - V_d - V_t}{I_d} \quad (3)$$

Sendo  $V_d$  a queda de tensão direta no foto díodo presente no HCPL, 1.5V,  $V_t$  a queda de tensão em saturação nos transístores presentes no TL494, 1.3V, e  $I_d$  a corrente típica que percorre o foto díodo, 10mA. Com estes dados e usando a equação 3, obteve-se o valor de  $920\Omega$  para  $R_d$ .

### 3.1.2 Simulação em PSIM

Uma vez que numa primeira instância se pretende controlo de malha aberta, para poder simular o conversor foi projetado um circuito de controlo simples com o mesmo comportamento do TL494. O circuito de isolamento é simulado pelo bloco on-off switch do PSIM.

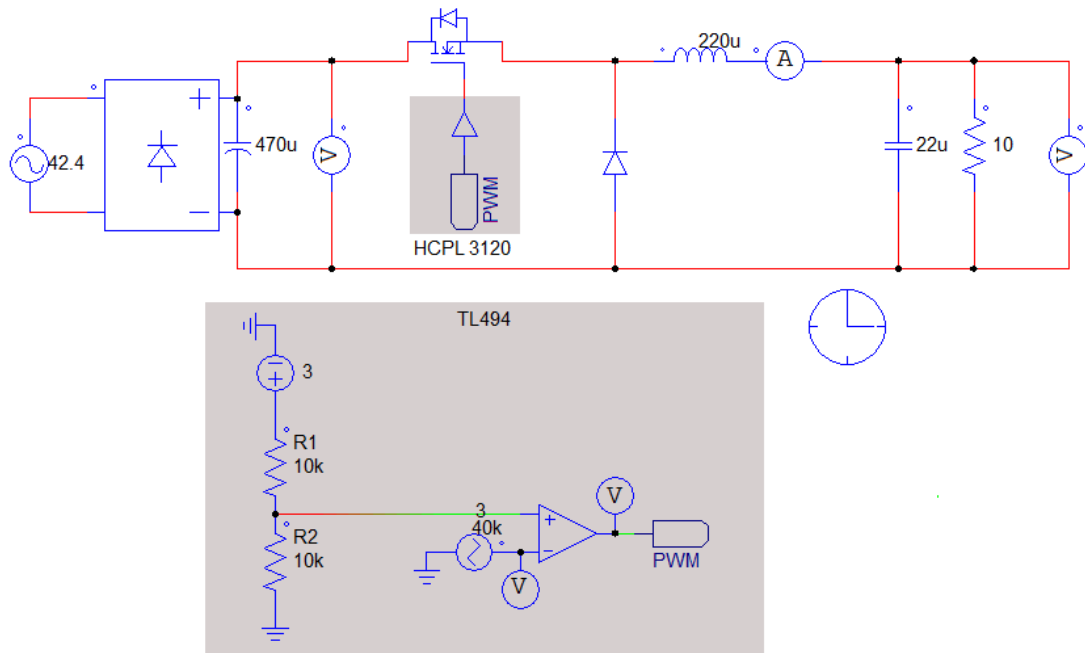


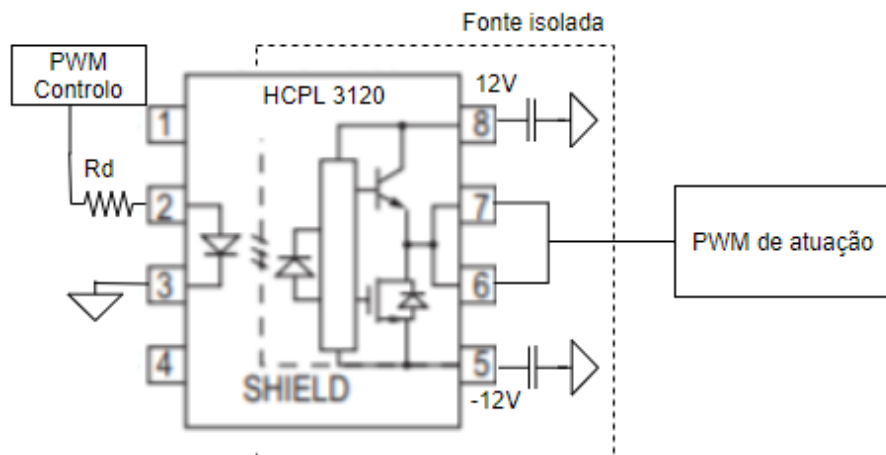
Figura 4: Diagrama de simulação do conversor CC-CC step-down com controlo em malha aberta



Figure 10 is a line graph showing the output voltage ( $V_o$ ) and input voltage ( $V_{in}$ ) over time. The x-axis is labeled "Time (s)" and ranges from 0 to 0.1 with major ticks every 0.02 seconds. The y-axis represents voltage, ranging from 0 to 50 with major ticks every 10 units. The input voltage  $V_{in}$  (blue line) is a periodic waveform oscillating between approximately 28V and 42V. The output voltage  $V_o$  (red line) is a periodic waveform oscillating between approximately 14V and 21V, following the same frequency and phase as  $V_{in}$ .

### 3.2 Conversor CC-CC step-down com controle digital

Migrando para um controlo digital, o esquema elétrico do circuito integrado HCPL 3120 passa a ser o seguinte:



Através da equação 3, obteve-se um valor de  $R_d = 180\Omega$ .

### 3.2.2 Simulação em PSIM

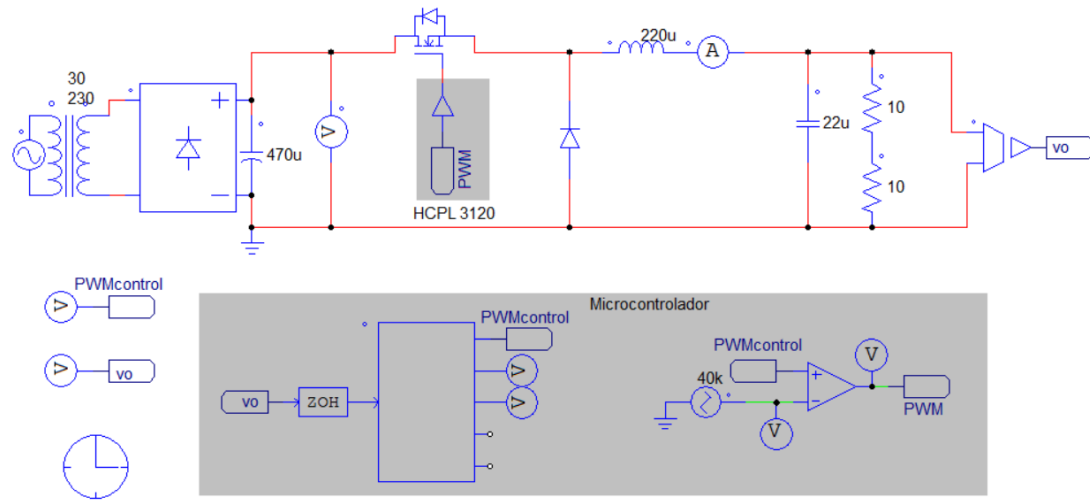


Figura 7: Diagrama de simulação do conversor CC-CC step-down com controle digital

Utilizando um simples código de controlador PI no Cblock, obteve-se o seguinte resultado:

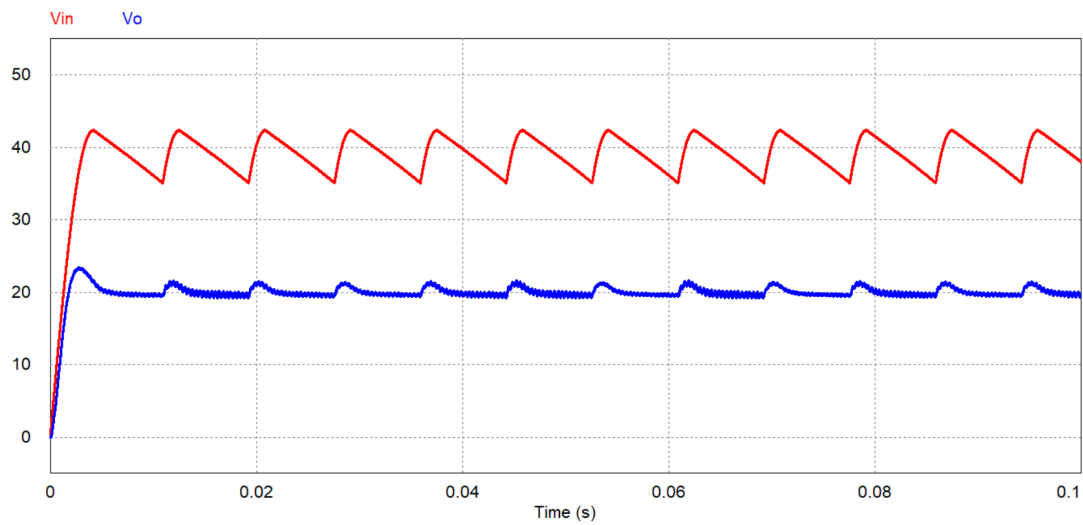


Figura 8: Relação entre tensão de entrada e saída no conversor CC-CC step-down com controle digital,  $k_p = 1$ ,  $k_i = 0.05$