

# Metodologia de Projeto de Conversores Buck-Boost

## Dados de entrada:

$$V_{in} := 24 \text{ V}$$

$$V_{imax} := 28 \text{ V}$$

$$V_{imin} := 20 \text{ V}$$

$$\eta_{con} := 0.7$$

$$V_o := 15 \text{ V} \quad \text{Negativa}$$

$$I_o := 0.5 \text{ A}$$

$$\Delta V := 0.01$$

$$\Delta I := 0.10$$

$$V_d := 1 \text{ V}$$

$$D_{max} := 0.95$$

$$F_s := 30000 \text{ Hz}$$

$$J_{max} := 450 \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$$

$$B_{max} := 0.25 \text{ T}$$

$$\mu_o := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

$$k := 0.7$$

## Cálculos iniciais:

$$P_{con} := V_o \cdot I_o \quad P_{con} = 7.5 \text{ W}$$

## Razões cíclicas envolvidas:

$$D_n := \frac{V_o}{V_{in} + V_o} \quad D_n = 0.385$$

$$D_{max} := \frac{V_o}{V_{imin} + V_o} \quad D_{max} = 0.429$$

$$D_{min} := \frac{V_o}{V_{imax} + V_o} \quad D_{min} = 0.349$$

## Cálculo das correntes médias nos elementos:

$$I_{Dmed} := I_o \quad I_{Dmed} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_{med1} := \frac{D_{min}}{1 - D_{min}} \cdot I_o \quad I_{med1} = 0.268 \text{ A}$$

$$I_{med2} := \frac{D_n}{1 - D_n} \cdot I_o \quad I_{med2} = 0.313 \text{ A}$$

$$I_{med3} := \frac{D_{max}}{1 - D_{max}} \cdot I_o \quad I_{med3} = 0.375 \text{ A} \quad \text{Valor máximo, pior caso.}$$

$$I_{med} := I_{med3} \quad I_{med} = 0.375 \text{ A}$$

$$I_{Lmed} := I_{med} + I_{Dmed} \quad I_{Lmed} = 0.875 \text{ A}$$

## Cálculo do indutor do filtro:

$$\Delta I_{max} := \Delta I \cdot I_{Lmed} \quad \Delta I_{max} = 0.088 \text{ A}$$

$$L_{f1} := \frac{D_{max} \cdot V_{imin}}{F_s \cdot \Delta I_{max}} \quad L_{f1} = 3.265 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{f2} := \frac{D_n \cdot V_{in}}{F_s \cdot \Delta I_{max}} \quad L_{f2} = 3.516 \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$L_{f3} := \frac{D_{min} \cdot V_{imax}}{F_s \cdot \Delta I_{max}} \quad L_{f3} = 3.721 \times 10^{-3} \text{ H}$$

Então:

$$L_f := L_{f3} \quad L_f = 3.721 \times 10^{-3} \text{ H}$$

## Cálculo do capacitor do filtro:

$$\Delta V_{\max} := \Delta V \cdot V_o \quad \Delta V_{\max} = 0.15 \text{ V}$$

$$C_f := \frac{D_{\max} \cdot I_o}{F_s \cdot \Delta V_{\max}} \quad C_f = 4.762 \times 10^{-5} \text{ F}$$

$$I_{\max 1} := \frac{I_o}{1 - D_{\max}} + \frac{D_{\max} \cdot V_{\min}}{2 \cdot L_f \cdot F_s} \quad I_{\max 1} = 0.913 \text{ A}$$

$$I_{\max 2} := \frac{I_o}{1 - D_n} + \frac{D_n \cdot V_{\min}}{2 \cdot L_f \cdot F_s} \quad I_{\max 2} = 0.854 \text{ A}$$

$$I_{\max 3} := \frac{I_o}{1 - D_{\min}} + \frac{D_{\min} \cdot V_{\max}}{2 \cdot L_f \cdot F_s} \quad I_{\max 3} = 0.812 \text{ A}$$

Então:

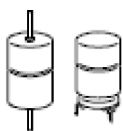
$$I_{\max} := I_{\max 1} \quad I_{\max} = 0.913 \text{ A}$$

Outra forma:

$$I_x := I_{L_{\text{med}}} + \frac{\Delta I_{\max}}{2} \quad I_x = 0.919 \text{ A} \quad \text{Note que o valor é parecido com } I_{\max} \text{ acima.}$$

$$RSE := \frac{\Delta V_{\max}}{I_{\max}} \quad RSE = 0.164 \text{ } \Omega$$

Escolhe-se um capacitor de: 1500  $\mu\text{F}$  x 25 V  $RSE := 115 \cdot 10^{-3} \text{ } \Omega$



**B41695, B41795**

**Compact – up to 150 °C**

### Technical data

$C_R$	$ESR_{\text{typ}}$	$ESR_{\text{max}}$	$ESR_{\text{max}}$	$ESR_{\text{max}}$	$Z_{\text{max}}$	$I_{AC, \text{max}}$	$I_{AC, \text{max}}$	$I_{AC, \text{max}}$	$I_{AC, R}$	$I_{AC, \text{max}}^{1)}$
100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz	10 kHz	100 kHz	10 kHz	10 kHz	10 kHz	10 kHz	10 kHz
20 °C	20 °C	20 °C	-40 °C	20 °C	20 °C	85 °C	105 °C	125 °C	125 °C	150 °C
$\mu\text{F}$	m $\Omega$	m $\Omega$	m $\Omega$	m $\Omega$	m $\Omega$	A	A	A	A	A
$V_R = 25 \text{ V DC}$										
680	190	320	2800	240	220	3.2	2.75	2.1	1.4	0.7
1000	135	230	1900	170	160	3.6	3.1	2.35	1.55	0.75
1500	90	155	1200	115	105	4.7	4.0	3.0	2.05	1.0
2200	65	110	950	85	80	5.8	5.0	3.8	2.5	1.2
3300	45	75	700	58	55	8.1	7.0	5.3	3.5	1.7

## Cálculo físico do indutor:

$$I_{Lef} := \sqrt{\left(\frac{1}{6} \cdot \sqrt{3} \cdot \Delta I_{max}\right)^2 + I_{Lmed}^2} \quad I_{Lef} = 0.875 \quad A \quad \text{Corrente eficaz no indutor}$$

$$A_e A_w := \frac{L_f \cdot I_{max} \cdot I_{Lmed} \cdot 10^4}{k \cdot B_{max} \cdot J_{max}} \quad A_e A_w = 0.378 \quad \text{cm}^4 \quad \text{Produto de áreas do núcleo}$$

Núcleo	$A_e$ (cm <sup>2</sup> )	$A_w$ (cm <sup>2</sup> )	$l_e$ (cm)	$l_t$ (cm)	$v_e$ (cm <sup>3</sup> )	$A_e A_w$ (cm <sup>4</sup> )
E-20	0,312	0,26	4,28	3,8	1,34	0,08
E-30/7	0,60	0,80	6,7	5,6	4,00	0,48
E-30/14	1,20	0,85	6,7	6,7	8,00	1,02
E-42/15	1,81	1,57	9,7	8,7	17,10	2,84
E-42/20	2,40	1,57	9,7	10,5	23,30	3,77
E-55	3,54	2,50	1,2	11,6	42,50	8,85

$$A_e := 0.60 \quad \text{cm}^2$$

Nucleo EE30/7

Núcleo escolhido

$$A_w := 0.80 \quad \text{cm}^2$$

$$V_e := 4.00 \quad \text{cm}^3$$

$$l_t := 5.6 \quad \text{cm}^2$$

$$A_e A_w := A_e \cdot A_w \quad A_e A_w = 0.48 \quad \text{cm}^4 \quad \text{Produto de áreas do núcleo escolhido}$$

$$N := \text{ceil}\left(\frac{L_f \cdot I_{max} \cdot 10^4}{B_{max} \cdot A_e}\right) \quad N = 227 \quad \text{espiras} \quad \text{Número de espiras do indutor}$$

$$l_g := \frac{N^2 \cdot \mu_0 \cdot A_e \cdot 10^{-2}}{L_f} \quad l_g = 0.104 \quad \text{cm} \quad \text{Entreferro do núcleo do indutor}$$

$$\Delta := \frac{7.5}{\sqrt{F_s}} \quad \Delta = 0.043 \quad \text{cm} \quad d_{max} := 2 \cdot \Delta \quad d_{max} = 0.087 \quad \text{cm} \quad \text{Diâmetro do condutor}$$

fio 20 AWG Condutor escolhido e dados do condutor  
d=0,081 cm

$$A_{20} := 0.005176 \quad \text{cm}^2 \quad \rho_{20} := 0.000445 \quad \frac{\Omega}{\text{cm}} \quad S_{20} := 0.006244 \quad \text{cm}^2$$

$$A := \frac{I \cdot l_{ef}}{J_{max}} \quad A = 1.945 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \quad \text{Área de cobre necessária}$$

$$n_{fios} := \frac{A}{A_{20}} \quad n_{fios} = 0.376 \quad n_{fios} := 1 \quad \text{fios} \quad \text{Número de condutores em paralelo utilizados}$$

Neste caso é melhor escolher um condutor mais fino e com área adequada.

$$A_{24} := 0.002047 \text{ cm}^2 \quad \rho_{24} := 0.001125 \frac{\Omega}{\text{cm}} \quad S_{24} := 0.002586 \text{ cm}^2$$

$$L_{fio} := l_t \cdot (N) \cdot n_{fios} \quad L_{fio} = 1.271 \times 10^3 \text{ cm} \quad \text{Comprimento do fio de cobre}$$

$$V_{fio} := A_{24} \cdot L_{fio} \quad V_{fio} = 2.602 \text{ cm}^3 \quad \text{Volume de cobre utilizado}$$

$$P_{esofio} := 8.96 \cdot V_{fio} \quad P_{esofio} = 23.315 \text{ g} \quad \text{Peso do cobre do indutor}$$

$$K_H := 4 \cdot 10^{-5}$$

Constantes de perdas no núcleo de ferrite

$$K_E := 4 \cdot 10^{-10}$$

$$P_{nucleo} := (B_{max})^{2.4} (K_H \cdot F_s + K_E \cdot F_s^2) \cdot V_e \quad P_{nucleo} = 0.224 \text{ W} \quad \text{Perdas no núcleo do indutor}$$

$$R_{Fio} := N \cdot \frac{\rho_{24}}{n_{fios}} \cdot l_t \quad R_{Fio} = 1.43 \text{ } \Omega \quad \text{Resistência do fio do indutor}$$

$$P_{cu} := R_{Fio} \cdot I \cdot l_{ef}^2 \quad P_{cu} = 1.096 \text{ W} \quad \text{Perda no cobre do indutor}$$

$$P_{total} := P_{nucleo} + P_{cu} \quad P_{total} = 1.32 \text{ W} \quad \text{Perda total no indutor}$$

$$R_t := 23 \cdot (A_e \cdot A_w)^{-0.37} \quad R_t = 30.176 \text{ } ^\circ \text{C/W} \quad \text{Resistência térmica do núcleo}$$

$$\Delta t := P_{total} \cdot R_t \quad \Delta t = 39.828 \text{ graus} \quad \text{Elevação de temperatura no núcleo}$$

$$A_{w_{neces}} := \frac{N \cdot n_{fios} \cdot S_{24}}{0.7} \quad A_{w_{neces}} = 0.839 \text{ cm}^2 \quad \text{Área de janela necessária para alojar o cobre}$$

$$K_{ocup} := \frac{A_{w_{neces}}}{A_w} \quad K_{ocup} = 1.048 \quad \text{Fator de ocupação resultante}$$

## Escolha do interruptor:

$$I_{min} := I_{Lmed} - \frac{\Delta I_{max}}{2} \quad I_{min} = 0.831 \quad A$$

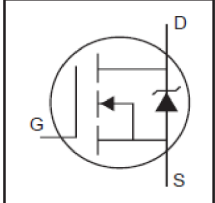
$$I_{smax} := I_{max} \quad I_{smax} = 0.913 \quad A$$

$$I_{smed} := I_{med} \quad I_{smed} = 0.375 \quad A$$

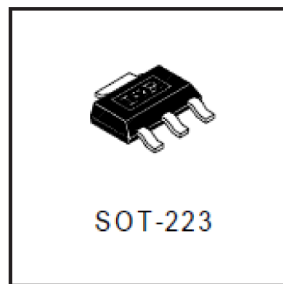
$$I_{sef} := \frac{\sqrt{3 \cdot D_{max} \cdot (I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2)}}{3} \quad I_{sef} = 0.571 \quad A$$

$$V_s := V_{imax} + V_o \quad V_s = 43 \quad V$$

**IRLL014N**  
HEXFET® Power MOSFET



$V_{DSS} = 55V$
$R_{DS(on)} = 0.14\Omega$
$I_D = 2.0A$



### IRLL014N Interruptor escolhido e suas características

$$R_{son} := 0.14 \quad \Omega \quad T_a := 45 \quad ^\circ C \quad T_j := 150 \quad ^\circ C$$

$$R_{Sja} := 120 \quad \frac{^\circ C}{W}$$

$$t_f := 2.9 \cdot 10^{-9} \quad s$$

$$t_r := 4.9 \cdot 10^{-9} \quad s$$

$$P_{scond} := I_{sef}^2 \cdot R_{son} \quad P_{scond} = 0.046 \quad W \quad \text{Perdas de condução de um interruptor}$$

$$P_{scom} := \frac{F_s}{2} \cdot (t_r + t_f) \cdot I_{max} \cdot V_s \quad P_{scom} = 4.595 \times 10^{-3} \quad W \quad \text{Perdas de comutação de um interruptor}$$

$$P_{stot} := P_{scond} + P_{scom} \quad P_{stot} = 0.05 \quad W \quad \text{Perda total em cada interruptor do inversor}$$

$$R_{jmax} := \frac{T_j - T_a}{P_{stot}} \quad R_{jmax} = 2.088 \times 10^3 \quad \frac{^\circ C}{W} \quad \text{Resistência térmica entre junção e ambiente máxima}$$

Conclui-se que não é necessário usar dissipador.

## Escolha do diodo

$$I_{dmax} := I_{max} \quad I_{dmax} = 0.913 \quad A$$

$$I_{dmed} := I_o \quad I_{dmed} = 0.5 \quad A$$

$$I_{def} := \frac{\sqrt{-3 \cdot (D_{min} - 1) \cdot (I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2)}}{3} \quad I_{def} = 0.704 \quad A$$

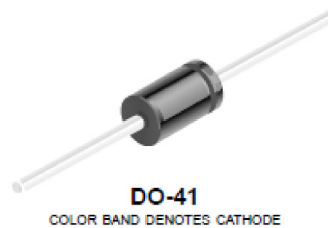
$$V_d := V_{imax} + V_o \quad V_d = 43 \quad V$$



## SB120 - SB1100

### Features

- 1.0 ampere operation at  $T_A = 75^\circ C$  with no thermal runaway.
- For use in low voltage, high frequency inverters free wheeling, and polarity protection applications.



SSB160      Diodo escolhido

$$T_a := 45 \quad ^\circ C \quad T_j := 125 \quad ^\circ C \quad VF := 0.7 \quad V$$

$$R_{ja} := 80 \quad \frac{C}{W}$$

$$P_d := I_{dmed} \cdot VF \quad P_d = 0.35 \quad W \quad \text{Perdas nos diodos}$$

$$R_{jmax} := \frac{T_j - T_a}{P_d} \quad R_{jmax} = 228.571 \quad \frac{^\circ C}{W} \quad \text{Resistência térmica entre junção e ambiente máxima}$$

Conclui-se que não irão ocorrer problemas de aquecimento com o diodo.

## Projeto do controlador e circuitos auxiliares:

Cálculos iniciais:

$$V_{ref} := 5 \quad \text{V} \quad \text{Dado do UC 3524}$$

$$R_{div1} := 1000 \quad \Omega$$

$$R_{div2} := R_{div1} \cdot \frac{(V_o - V_{ref})}{V_{ref}} \quad R_{div2} = 2 \times 10^3 \quad \Omega$$

$$R_o := \frac{V_o}{I_o} \quad R_o = 30 \quad \Omega$$

$$V_{tri} := 3.5 \quad \text{V} \quad \text{Dado do UC 3524}$$

Função de transferência do conversor:

$$\omega := 10, 100 \dots 10^6 \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad j := \sqrt{-1}$$

$$G_{go} := \frac{-D_{min}}{1 - D_{min}} \quad G_{go} = -0.536$$

$$G_{do} := \frac{V_o}{D_{min} \cdot (1 - D_{min})^2} \quad G_{do} = 101.412$$

$$\omega_z := \frac{(1 - D_{min}) \cdot R_o}{D_{min} \cdot L_f} \quad \omega_z = 1.505 \times 10^4 \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \frac{\omega_z}{2 \cdot \pi} = 2.395 \times 10^3$$

$$\omega_o := \frac{(1 - D_{min})}{\sqrt{L_f \cdot C_f}} \quad \omega_o = 1.547 \times 10^3 \quad \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \frac{\omega_o}{2 \cdot \pi} = 246.203$$

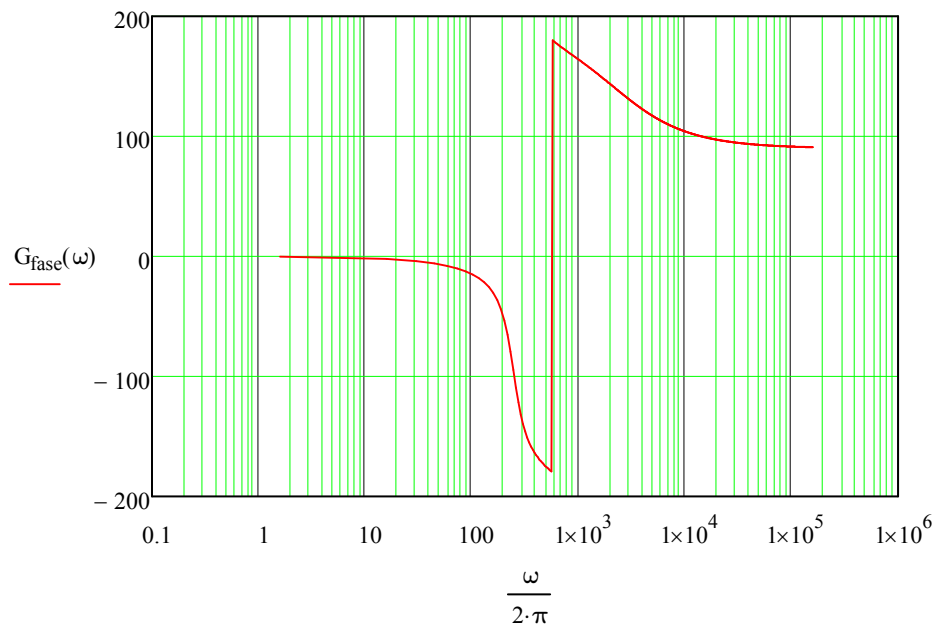
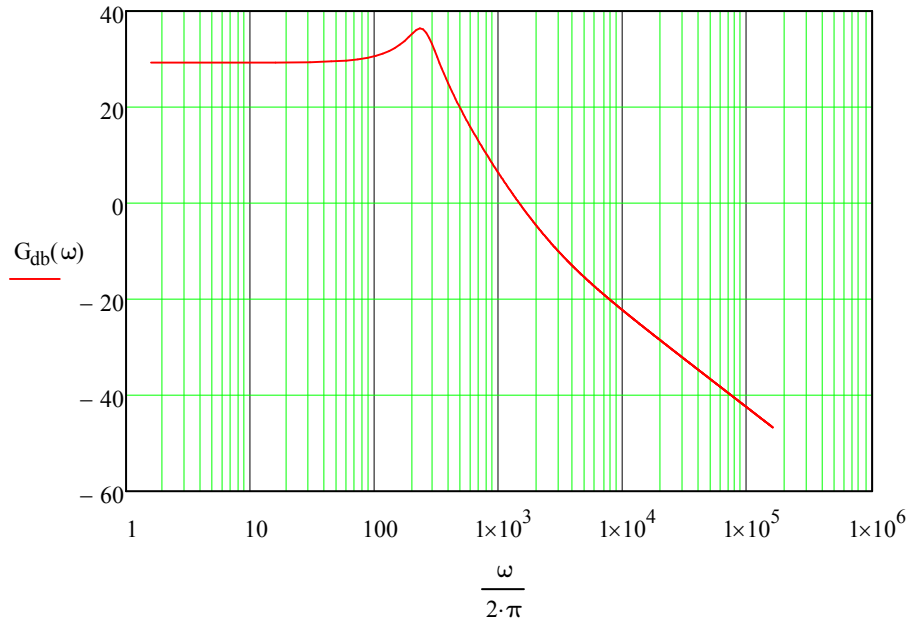
$$Q := (1 - D_{min}) \cdot R_o \cdot \sqrt{\frac{C_f}{L_f}} \quad Q = 2.21$$

$$G(\omega) := \frac{G_{do}}{V_{tri}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{j \cdot \omega}{\omega_z}\right)}{1 + \frac{j \cdot \omega}{\omega_o \cdot Q} + \left(\frac{j \cdot \omega}{\omega_o}\right)^2}$$

$$G_{db}(\omega) := 20 \cdot \log(|G(\omega)|)$$

$$G_{fase}(\omega) := \arg(G(\omega)) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Diagrama de Bode da planta:



### Determinação das frequências e ganhos envolvidos:

Frequência onde  $G(s)H(s)$  é igual a 0db:

$$F_c := \frac{F_s}{100} \quad F_c = 300 \quad \text{Hz}$$

Ganho estático do conversor:

$$G_{\text{estatico\_db}} := G_{\text{db}}(0) \quad G_{\text{estatico\_db}} = 29.24$$

Frequência de ressonância do filtro de saída:

$$F_o := \frac{\omega_o}{2 \cdot \pi} \quad F_o = 246.203 \quad \text{Hz}$$

Ganho do conversor na frequência  $f_c$ :

$$G_{f_c\_db} := G_{\text{db}}(2 \cdot \pi \cdot F_c) \quad G_{f_c\_db} = 31.992 \quad \text{dB}$$

Frequência dos zeros do controlador:

$$F_{z1} := F_o \quad F_{z1} = 246.203 \quad \text{Hz}$$

$$F_{z2} := F_o \quad F_{z2} = 246.203 \quad \text{Hz}$$

Frequência dos pólos do controlador:

$$F_{p1} := 0 \quad \text{Hz}$$

$$F_{p2} := 9 \cdot F_o \quad F_{p2} = 2.216 \times 10^3 \quad \text{Hz}$$

Ganhos de  $H(s)$  em  $f_c$  e em  $f_{p2}$ :

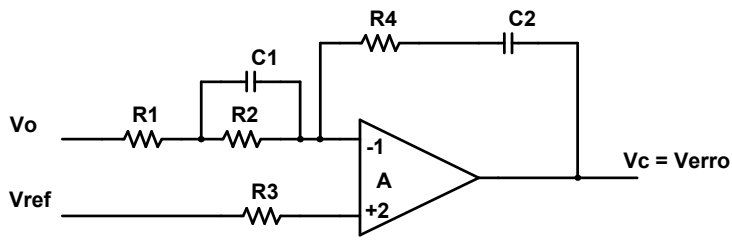
$$H_2 := -G_{f_c\_db} + 20 \cdot \log\left(\frac{F_{p2}}{F_c}\right) \quad H_2 = -14.624 \quad \text{dB}$$

$$A_2 := 10^{\frac{H_2}{20}} \quad A_2 = 0.186$$

$$H_1 := H_2 - 20 \cdot \log\left(\frac{F_{p2}}{F_o}\right) \quad H_1 = -33.709 \quad \text{dB}$$

$$A_1 := 10^{\frac{H_1}{20}} \quad A_1 = 0.021$$

### Determinação dos componentes do controlador:



$$C1 := 10 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$R2 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C1 \cdot F_{z1}} \quad R2 = 6.464 \times 10^4 \text{ } \Omega$$

$$R1 := \frac{A1 \cdot R2}{A2 - A1} \quad R1 = 8.08 \times 10^3 \text{ } \Omega$$

$$R4 := A2 \cdot R1 \quad R4 = 1.501 \times 10^3 \text{ } \Omega$$

$$C2 := \frac{C1 \cdot R2}{R4} \quad C2 = 4.308 \times 10^{-7} \text{ F}$$

$$R3 := \frac{R2 \cdot R4}{R2 + R4} \quad R3 := 10 \cdot 10^3 \text{ } \Omega$$

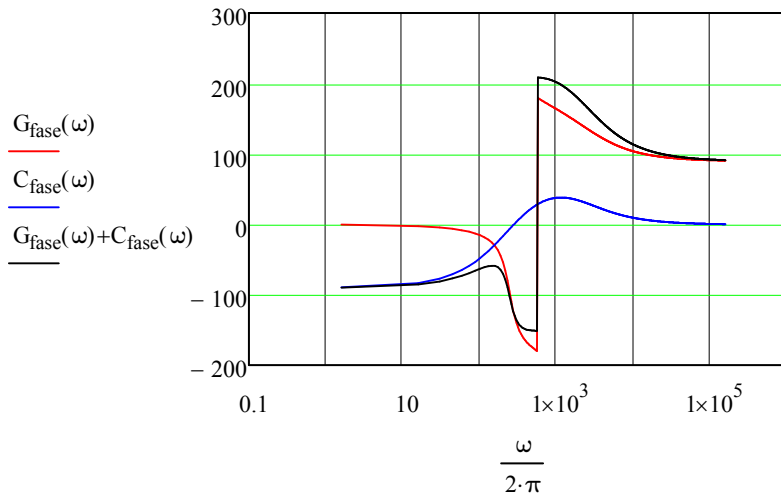
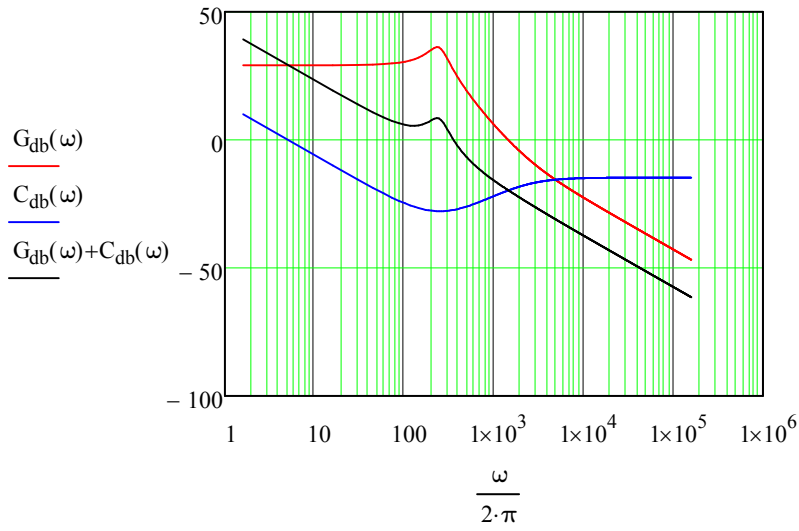
### Função de transferência do controlador:

$$C(\omega) := \frac{(1 + R2 \cdot C1 \cdot j \cdot \omega) \cdot (1 + R4 \cdot C2 \cdot j \cdot \omega)}{j \cdot \omega \cdot C2 \cdot (R1 + R2) \cdot \left(1 + j \cdot \omega \cdot C1 \cdot \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}\right)}$$

$$C_{db}(\omega) := 20 \cdot \log(|C(\omega)|)$$

$$C_{fase}(\omega) := \arg(C(\omega)) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Diagrama de Bode do sistema:

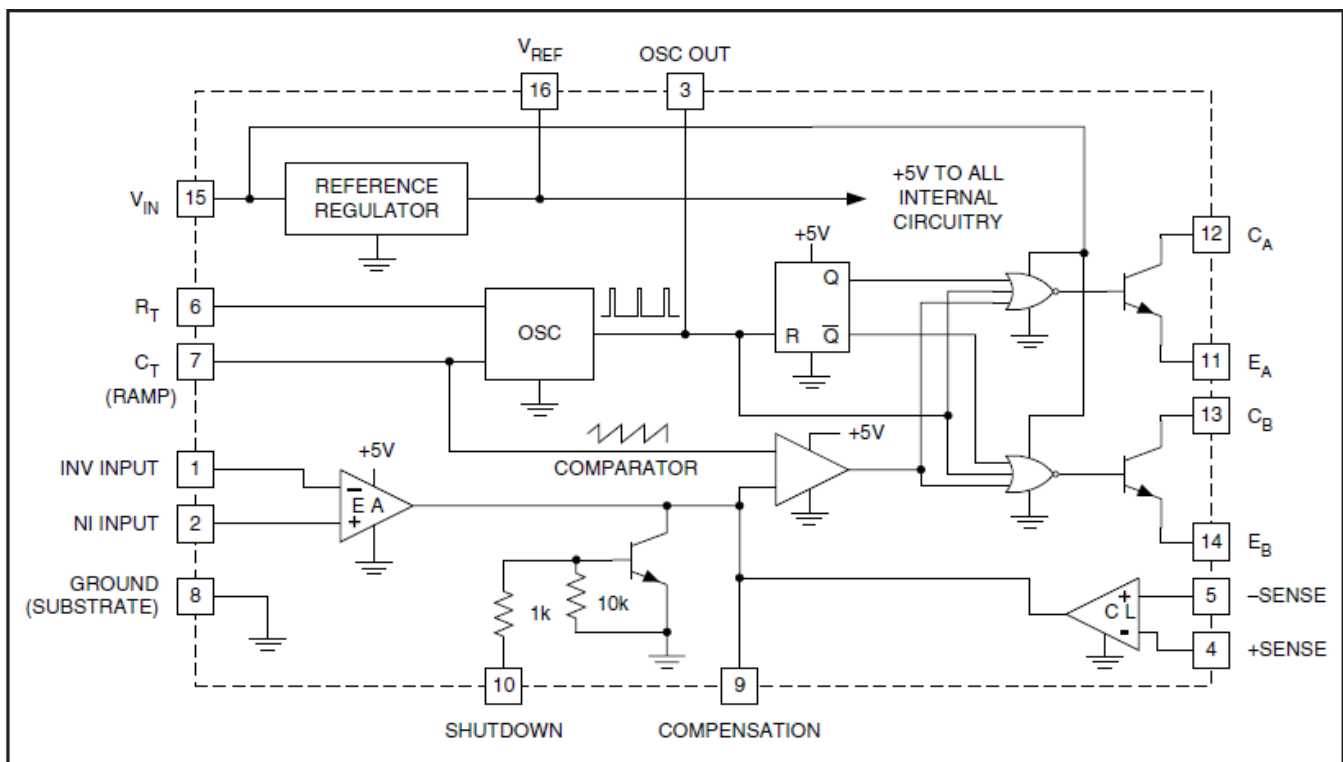


Margem de fase:

$$G_{fase}(2 \cdot \pi F_c) = -138.46 \quad \text{graus}$$

$$C_{fase}(2 \cdot \pi F_c) = 3.54 \quad \text{graus}$$

$$MF := 180 + (G_{fase}(2 \cdot \pi F_c) + C_{fase}(2 \cdot \pi F_c)) \quad MF = 45.08 \quad \text{graus}$$



### UC3524

Componentes auxiliares:

$$R_T := 4700 \, \Omega \quad \text{Dados do UC 3524}$$

$$C_T := \frac{1.18}{F_s \cdot R_T} \quad C_T = 8.369 \times 10^{-9} \, \text{F}$$

Pode-se usar  $C_T$  de 8,2 nF

$$I_C := 0.1 \, \text{A}$$

$$R_{on} := \frac{V_{imax}}{I_C} \quad R_{on} = 280 \, \Omega$$

Resistor de pulldown de 1000  $\Omega$  e zener de 16 V x 0,5 W

**TABELA DE FIOS ESMALTADOS**

AWG	Diâmetro Cobre (cm)	Área Cobre (cm <sup>2</sup> )	Diâmetro Isolamento (cm)	Área Isolamento (cm <sup>2</sup> )	OHMS/CM 20 °C	OHMS/CM 100 °C	AMP. para 450A/cm <sup>2</sup>
10	0,259	0,052620	0,273	0,058572	0,000033	0,000044	23,679
11	0,231	0,041729	0,244	0,046738	0,000041	0,000055	18,778
12	0,205	0,033092	0,218	0,037309	0,000052	0,000070	14,892
13	0,183	0,026243	0,195	0,029793	0,000066	0,000080	11,809
14	0,163	0,020811	0,174	0,023800	0,000083	0,000111	9,365
15	0,145	0,016504	0,156	0,019021	0,000104	0,000140	7,427

16	0,129	0,013088	0,139	0,015207	0,000132	0,000176	5,890
17	0,115	0,010379	0,124	0,012164	0,000166	0,000222	4,671
18	0,102	0,008231	0,111	0,009735	0,000209	0,000280	3,704
19	0,091	0,006527	0,100	0,007794	0,000264	0,000353	2,937
20	0,081	0,005176	0,089	0,006244	0,000333	0,000445	2,329
21	0,072	0,004105	0,080	0,005004	0,000420	0,000561	1,847

22	0,064	0,003255	0,071	0,004013	0,000530	0,000708	1,465
23	0,057	0,002582	0,064	0,003221	0,000668	0,000892	1,162
24	0,051	0,002047	0,057	0,002586	0,000842	0,001125	0,921
25	0,045	0,001624	0,051	0,002078	0,001062	0,001419	0,731
26	0,040	0,001287	0,046	0,001671	0,001339	0,001789	0,579
27	0,036	0,001021	0,041	0,001344	0,001689	0,002256	0,459

AWG	Diâmetro Cobre (cm)	Área Cobre (cm <sup>2</sup> )	Diâmetro Isolamento (cm)	Área Isolamento (cm <sup>2</sup> )	OHMS/CM 20 °C	OHMS/CM 100 °C	AMP. para 450A/cm <sup>2</sup>
28	0,032	0,000810	0,037	0,001083	0,002129	0,002845	0,364
29	0,029	0,000642	0,033	0,000872	0,002685	0,003587	0,289
30	0,025	0,000509	0,030	0,000704	0,003386	0,004523	0,229
31	0,023	0,000404	0,027	0,000568	0,004269	0,005704	0,182
32	0,020	0,000320	0,024	0,000459	0,005384	0,007192	0,144
33	0,018	0,000254	0,022	0,000371	0,006789	0,009070	0,114

34	0,016	0,000201	0,020	0,000300	0,008560	0,011437	0,091
35	0,014	0,000160	0,018	0,000243	0,010795	0,014422	0,072
36	0,013	0,000127	0,016	0,000197	0,013612	0,018186	0,057
37	0,011	0,000100	0,014	0,000160	0,017165	0,022932	0,045
38	0,010	0,000080	0,013	0,000130	0,021644	0,028917	0,036
39	0,009	0,000063	0,012	0,000106	0,027293	0,036464	0,028

40	0,008	0,000050	0,010	0,000086	0,034417	0,045981	0,023
41	0,007	0,000040	0,009	0,000070	0,043399	0,057982	0,018



